que®

BUILDING YOUR OWN DRONES
无人机DIY

[美] John Baichtal 著　　姚军 译







中国工信出版集团　人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

QUE®

BUILDING YOUR OWN DRONES

无人机DIY

[美] John Baichtal 著　姚军 译

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目（CIP）数据

无人机DIY / (美) 贝克托 (Baichtal, J.) 著 ; 姚军译. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2016.5
ISBN 978-7-115-41098-6

Ⅰ. ①无… Ⅱ. ①贝… ②姚… Ⅲ. ①无人驾驶飞机 Ⅳ. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第057421号

版权声明

◆ 著　　　　[美] John Baichtal
译　　　　姚　军
责任编辑　傅道坤
责任印制　张佳莹　焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编　100164　　电子邮件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
北京缤索印刷有限公司印刷

◆ 开本：720×960　1/16
印张：12.75
字数：185 千字　　　　2016 年 5 月第 1 版
印数：1– 3 000 册　　　2016 年 5 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号　图字：01-2015-7685 号

定价：59.00 元

读者服务热线：**(010)81055410**　印装质量热线：**(010)81055316**
反盗版热线：**(010)81055315**

内容提要

本书采用步骤方式讲解了如何自行制作无人机，其内容包括什么是无人机以及无人机的发展现状，探究了从 3D 打印的 mini 飞行器到浮动机器人军队在内的最富有想象力的项目，对用来制作无人机的配件进行了对比，最后通过实例讲解了无人机的组装过程，以及组装零部件的选择。

本书适合对无人机感兴趣的科研单位、无人机生产公司以及发烧友阅读。

关于作者

John Baichtal 已经编著或者编辑过 10 余本图书，包括获奖的 *Cult of LEGO*（No Starch Press, 2011）、与 Adam Wolf 和 Matthew Beckler 合著的 *LEGO hacker bible Make: LEGO and Arduino Projects*（Maker Media, 2012）、*Robot Builder*（Que, 2014）和 *Basic Robot Building with LEGO Mindstorms NXT 2.0*（Que, 2012），他的最新著作 *Maker Pro*（Maker Media, 2014）收集了描写专业制作者生活的论文和采访。John 和他的妻子及三个孩子住在明尼阿波利斯。

献辞

谨以本书献给我的祖母 Marion，再有两个月就是她的 98 岁生日了。几周前她因为心脏问题入院治疗，医生让她将自己的事安排妥当，然后将她送往临终安养院。但是，她还没有准备好离开大家庭，在我母亲和阿姨的照顾下好了起来。她对生活的热爱和对写作的热情每天都给我带来力量。

致谢

每当想起我的家庭，就要面对两个无可辩驳的事实：

1）Arden、Rosemary 和 Jack 是人见人爱的好孩子。

2）没有亲爱的 Elise，一切都没有意义，我爱你！

在工作上，我要感谢以下人士的启发和帮助：Windell H. Oskay、Johngineer、Matthew Beckler、Riley Harrison、David Lang、Trammell Hudson、AnnMarie Thomas、Pete Prodoehl、Bruce Shapiro、Alex Allmont、John Edgar Park、Dexter Industries、MiguelValenzuela、Pete McKenna、Steve Norris、Steven Anderson、MakerBeam、Jude Dornisch、SparkFun Engineering、Brooklyn Aerodrome、Adam Wolf, Michael Freiert、SophiKravitz、Christina Zhang、Lenore Edman、Rick Kughen、Sean Michael Ragan、John Wilson、SusanSolarz、Akiba、Mark Frauenfelder、Chris Berger、Michael Krumpus、Alex Dyba、Brian Jepson、Becca Steffen、Dave Bryan、Actobotics、Mike Hord、Makeblock、Pat Arneson 和 ErinKennedy。如有遗漏，敬请谅解！

我母亲 Barbara 编辑了本书的术语表，我总是受惠于她在这方面和其他许多事情上的帮助。

前言

无人机总是被大肆报道——我们必须面对现实，它们可能越来越成为我们生活的一部分。我们可以顽固不化地寻找小直升机形状的影子，也可以尽可能多地学习这些有趣设备的知识。我的建议是选择后者——有许多很酷的科技，控制它们的最佳方法就是了解它们。

本书的读者

有抱负的各类无人机制作者会喜欢本书，因为本书涵盖了自制无人机项目的许多领域，不仅包括电气方面，还包括马达、机身制作技术和工具。

本书的组织结构

本书包含一个主项目——四轴直升机，你将在多个章节中制作它。其他章节描述了各种无人机项目，如数据收集火箭式无人机、飞艇和用汽水瓶制作的小艇，帮助你认识除了众人趋之若鹜的四轴直升机之外的其他无人机。

- 第 1 章，“无人机的历史”，介绍了无人机的历史，带你快速了解目前的技术局限以及无人机驾驶员使用的术语。
- 第 2 章，“最酷 DIY 无人机展示”，描述了业余爱好者制作的 10 多种精巧无人机，包括 UAV（无人驾驶飞机）、ROV（遥控无人潜水器）和漫游车（Rover）。
- 第 3 章，“商业化无人机和套件概述”，介绍了一些你可能想要购买的商业化无人机，涵盖了从携带摄像机的四轴直升机到水下探测器的所有设备。

- 第 4 章，“制作四轴直升机 I：选择机身”，启动四轴直升机项目，学习各种机身和底盘产品，开始使用成套装备制作四轴直升机的机身。
- 第 5 章，“火箭无人机项目”，本章暂时离开四轴直升机项目，而是制作一架火箭无人机——携带基本 Arduino 载荷的模型火箭。
- 第 6 章，“制作四轴直升机 II：发动机和推进器”，讨论了四轴直升机制作中的两个关键部分，介绍了购买发动机和推进器的各种选择，说明如何在四轴直升机机身上安装这些设备。
- 第 7 章，“无人飞艇项目”，展示了制作无人飞艇的方法，这是一种由氦气球提供升力的小型木制机器人。
- 第 8 章，“制作四轴直升机III：飞行控制”，展示了在空中控制机器人的方法，大部分工作由飞行控制器和电子调速器完成。
- 第 9 章，“无人机制作者的工作台”，介绍了我用于完成本书中项目的不同工具。
- 第 10 章，“制作四轴直升机IV：动力系统”，介绍了一个非常重要的主题：如何为四轴直升机提供动力，包括了制作配电系统向发动机提供电力的指南。
- 第 11 章，“水上无人机项目”，阐述了用汽水瓶制作简单遥控潜水器的方法。
- 第 12 章，“制作四轴直升机 V：附件”，介绍了可以购买或者制作的各种附件，如摄像机支架。
- 第 13 章，“制作漫游车”，说明了使用 RFID 标记导航的滚动机器人的制作方法。
- 第 14 章，“制作四轴直升机VI：软件”，剖析了一些飞行控制软件和自动驾驶固件，还探索了我们在该项目中使用的自动驾驶控制软件的细节。在本书的最后，读者将完成四轴直升机的制作。
- 最后，术语表解释了各个章节中使用的术语。

如果你有任何问题，或者希望学习关于这些项目的更多知识和我的其他图书，最好的办法是访问我的 Facebook 页面：www.facebook.com/baichtal。也可以发邮件到 nerdyjb@gmail.com 或者加我的 Twitter 账户 @johnbaichtal。祝你好运！在无人机制作中找到快乐！

目录

11 水上无人机项目 / 118

12 制作四轴直升机 V：附件 / 140

13 制作漫游车 / 153

14 制作四轴直升机 VI：软件 / 178

术语表 / 188

1

无人机的历史

想象一下汽车没有驾驶员、飞机没有飞行员，用一台计算机代替人操纵交通工具的情况，这就是无人机。

无人机出现在各种新闻报道中，尤其是有关无人驾驶飞行器（UAV）在远离操作者半个世界的地方向目标发射导弹的战场报道。但是，并不是所有的无人机都用于战争，有些无人机是“和平”的无人机。

NASA 的预算削减将这些遥控设备的研究推到了聚光灯下——首要的是火星漫游车（见图 1.1）。这些遥控“滚筒”的表现远远超出了 NASA 工程师的期望。

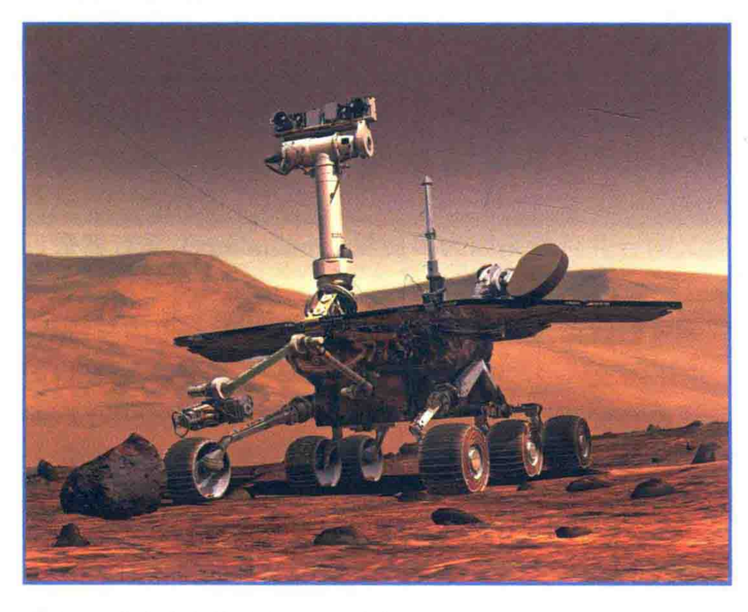


图 1.1 艺术家创作的火星漫游车概念画（图片来源：NASA/JPL/ 康奈尔大学）

政府使用无人机是一回事，但是业余爱好者也可以使用无人机吗？

答案是“当然可以”。一般爱好者、能工巧匠和小企业主都可以制作和操纵自己的无人机。例如，酿酒师放飞配备摄像机的四轴直升机（小型四旋翼直升机），无须离开房间就可以观察葡萄架上植株的状态。使用类似飞行器的其他企业家颠覆了航空摄影业务，消除了全尺寸直升机的需求。Amazon 和其他公司正在探索无人机包裹运送服务。

本书的目的是介绍四轴直升机、UAV、ROV（遥控水下机器人）和这种技术的其他变种，并提供从事简单无人机项目的机会，例如携带加速计的火箭、水下无人机和用薄膜气球制作的无人飞艇。同时，你可以根据我的详细讲解精心装配四轴直升机，构建自己的无人机，或者学习如何制造更棒的设备。

1.1 什么是无人机

我们首先来澄清一点：“无人机”（Drone）的定义并不是很清晰。

无人机的名称来自于雄蜂（honeybee drone），这种生物执行任务时全无头脑，受控于远处的蜂王。用经过编程的微控制器作为自动驾驶仪的机器，飞机工作方式也很类似，但这是依靠科技的帮助。

被描述为“无人机”的设备有两个大类。第一种是“**自主式机器人**”，其操纵者在必要的时候主动控制，在其余时间内由自动驾驶仪接管，理论上一名操纵者可以管理多个设备。但是，在有必要时，操纵者可以禁用自动驾驶仪，夺取控制权。

第二大类包括四轴直升机和其他“类直升机”飞行器。公众有时候称它们为无人机，但是它们大部分只是无线电遥控（RC）模型，而没有自主能力。这两种定义的合并可能是因为多旋翼（multirotors）飞行器最近已经成为自动驾驶仪驱动、基于微控制器的自主飞行的极佳平台。

爱好者们操纵大量的四轴直升机，创造了无人机相互竞争的新游戏，他们在自己的创造中加入了从摄像机到气压传感器和超声波测距仪在内的各种装置。同时，巨大的教育市场已经发展起来，青少年开始使用 LEGO Mindstorms 和 VEX 等拼装玩具组装自主式机器人。

我们正处于奇迹的孕育期，可以成为奇迹的一部分！让我们一起制作些无人机吧！

1.1.1 3 种地形

无人机根据穿越的地形区分为：

- 无人驾驶飞行器（UAV）；
- 遥控无人潜水器（ROV）；
- 漫游车。

下面介绍这 3 种类型。

无人驾驶飞行器

无人驾驶飞行器一词指的是无人飞机（如图 1.2 所示的“捕食者”）和无人直升机。如果无人机在空中飞行，我们几乎都将其称作 UAV。爱好者中最流行的 UAV 是四轴飞行器或者四轴直升机，因为这种飞行器很流行，本书将重点介绍此类 UAV。



图 1.2 “捕食者”无人机在帮助公众了解无人机及其工作原理方面贡献很大（图片来源：美国空军）

UAV 通常通过无线电波控制，如遥控手柄发出的信号。其他 UAV 使用 WiFi 或者蜂窝技术通信。许多 UAV 还携带 GPS 接收机，可以在地图上跟踪其飞行轨迹。

遥控无人潜水器

遥控无人潜水器是一种水下无人机，通常用一条数据线连接到小船或者潜水器上，这条数据线很有必要，因为无线电波在水中会受到很大的干扰。ROV 已经被海洋探险家使用了很多年，在图 1.3 中可以看到 ROV 的一个例子。

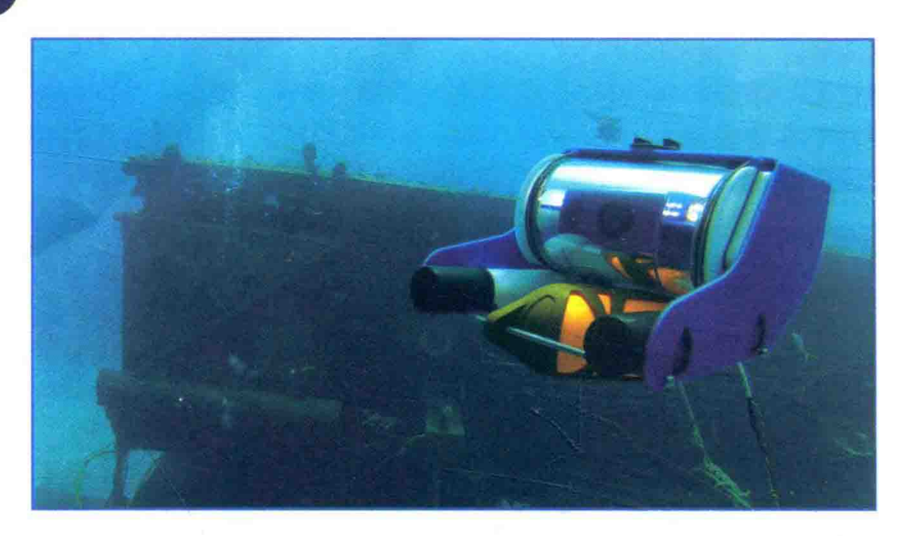


图 1.3 OpenROV 在搜索一艘遇难的船只（图片来源：OpenROV）

漫游车

漫游车（Rover）是具备额外功能的遥控车，它在地面到处游走，使用传感器探测障碍物。漫游车通常配备坦克履带或者凸块高花纹轮胎，如图 1.4 所示。这种配置帮助它们穿越不平坦的路面。在地面航行使得漫游车有能力使用各种传感器进行导航，包括超声波、RFID 和碰撞传感器。在第 13 章中我们将制作一辆漫游车。



图 1.4 这辆携带摄像机的漫游车配备用于恶劣地形的凸块高花纹轮胎（图片来源：Geoffrey Irons 提供）

1.1.2 无人机剖析

自制的无人机各不相同；话虽如此，大部分无人机都有一些共同特征。下面是常见的四轴直升机的各个组件。从图 1.5 中可以看到每个部件是如何融入整体的。

A. **推进器（螺旋桨）**——四轴直升机的推进器通常包括 2 个标准推进器和两个反向旋转的“推式”推进器。

B. **马达**——四轴直升机使用直流或者交流马达。马达有无数品种和价格，高价位的马达迎合的是富裕的制作者。在第 6 章中，我们将详细介绍最适合于爱好者们的一些马达。

C. **电子调速器（ESC）**——ESC 将直流电转换为交流电，用于无电刷马达，还触发马达的电源。每个马达都需要一个 ESC。ESC 的固件可以修改，以创建马达的不同行为。例如，ESC 往往被配置为降低马达转速，而不是突然停止。

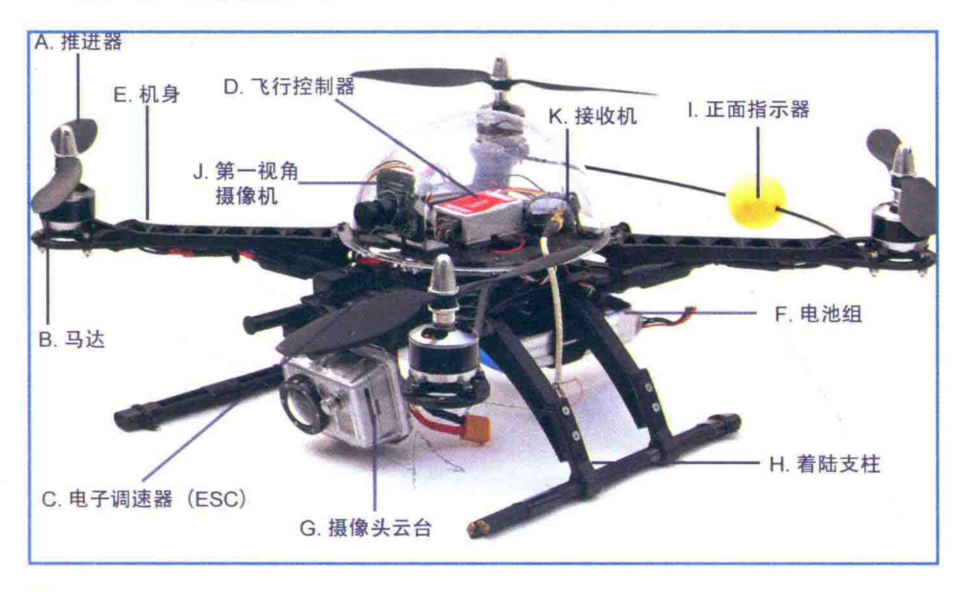


图 1.5 四轴直升机有大量的元件和设备（图片来源：Steve Lodefink）

D. **飞行控制器**——飞行控制器用某些自主式功能协助手动飞行。例如，许多飞行控制器有用于保持无人机平衡的倾斜传感器。飞行控制器常常有某种预先编写的例程，在四轴直升机超出控制范围时执行。

E. **机身**——机身（Airframe）是无人机底盘的正确名称。机身由许多不同元件组成，包括马达连杆和安放电子设备的外壳或者平台。

F. **电池组**——往往是锂电池，无人机的电池组用于保持推进器运转，同时为机上的所有电子设备提供电力。

G. **摄像头云台**——这是一个旋转平台，摄像头安装在上面。在飞行中，操作员可以利用伺服马达改变照相机的角度。

H. **着陆支柱**——在底部携带摄像头云台或者其他突出物的四轴直升机需要着陆支柱——着陆时无人机停靠的小型支架。相反，没有携带云台的无人机往往不需要着陆支柱，而是直接以整个机身着陆。

I. **正面指示器**——四轴直升机的操作者必须知道盘旋中的飞机的正面，而这可能不一定很明显。有多种解决方案，包括不同颜色的推进器、LED 和反射材料，在图 1.5 所示的四轴直升机中，用彩球标记飞机的后面。重要的是对你有意义！

J. **第一视角摄像机**——低分辨率摄像机，通过无线电波向地面发送图像。

K. **接收机**——这个小盒子将无线电信号翻译为飞行控制器指令。

1.2 小结

在本章中，我们学到了无人机的有关知识、常见配置和各种组件。在第 2 章中，我们将看到其他人用这些技术制作的成品。多彩多姿的精巧产品一定会让人吃惊！



最酷DIY无人机展示

想要制作自己的无人机吗？这是了不起的想法。第一步最好是欣赏一下其他人所完成的作品。下面12个项目只是DIY无人机精品的一些示例，你还可以找到很多！

2.1 自行车钢圈四轴直升机

这个项目证明了一个真理：四轴直升机的底盘可以用任何足够轻和足够坚固的材料制成。Sam Ley制作的这架四轴直升机（见图2.1）飞得很出色，并且在多次坠机中幸存下来。

在第4章中，你将购买或者制作自己的机身，但是在做出决定时，回顾一下这架疯狂的四轴直升机，就能知道自己有很多的选择。

2.2 3D打印的小型四轴直升机

这个机身是由Thingiverse用户Brendan22设计的，有各种不同的配置，包括图2.2中展示的四旋翼小型无人机。另一种配置（T-6）包含3根连杆，每根上装有两个马达和推进器。可以在如下网站找到Brendan22的设计：http://www.thingiverse.com/Brendan22/。

这是第4章中开始自己的制作时，应该考虑的DIY机身的另一个例子。你可以利用Thingiverse等免费资源，简单地制作想要的部件，从而节约大量的时间。当然，如果你有一台3D打印机，一切都很简单！



图 2.1 Sam Ley 巧妙地使用能找到的材料，制作四轴直升机的机身
（图片来源：Sam Ley[CC-A]）



图 2.2 对机身设计有主意了？那就把它打印出来
（图片来源：Brendan22）

2.3 晒衣绳赛车

这个自主式机器人由 Mike Hord 制作，可以沿着一根晒衣绳或者缆绳到达终点，然后返回。它非常简单，但仍然称得上是无人机！控制系统很简单——超声波传感器告诉微控制器反转马达——没有转向装置。在图 2.3 中可以看到这辆赛车。

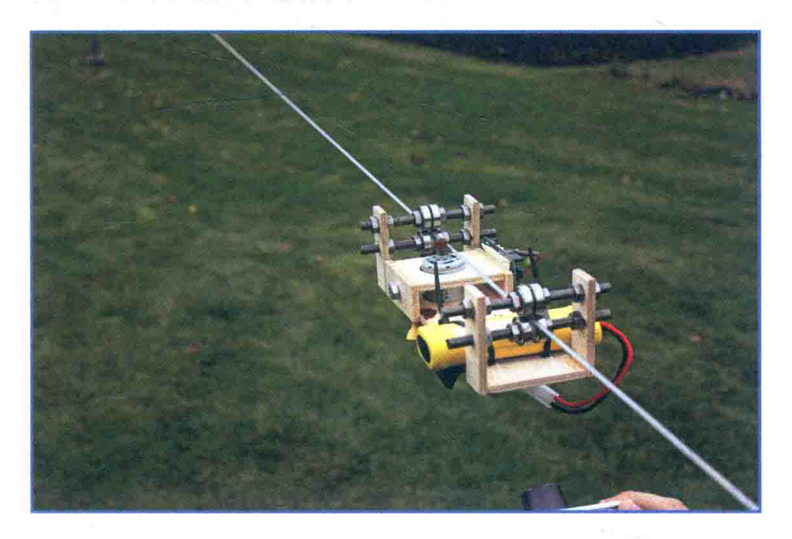


图 2.3 这个自主式巡线机器人可以来回走动（图片来源：Pat Arneson）

这辆赛车说明，无人机可以具有任何外观。在制作无人机时不要仅限于一个类别。本书中用 4 章的篇幅详细介绍了四轴直升机之外的无人机，包括火箭、飞艇、小艇和汽车。

2.4 Vessels

Vessels（意为“船只”）项目由 Stephen Kelly、Sofian Audry 和 Samuel St. Aubin 设计制作，包含数 10 个小型漂浮机器人（如图 2.4 所示）。它们在一个水池中疾驰，用红外线和语音相互通信。这个项目的思路是，这些机器人的表现就像是自然出现的生物一样。在 http://vessels.perte-de-signal.org/project/ 上可以更多地了解 Vessels 项目。

第 11 章详细介绍了使用计算机风扇来运动的一个漂浮式无人机。这

种简单的慢速小艇非常适合于在后院试验，因为可以很容易地测试它们！

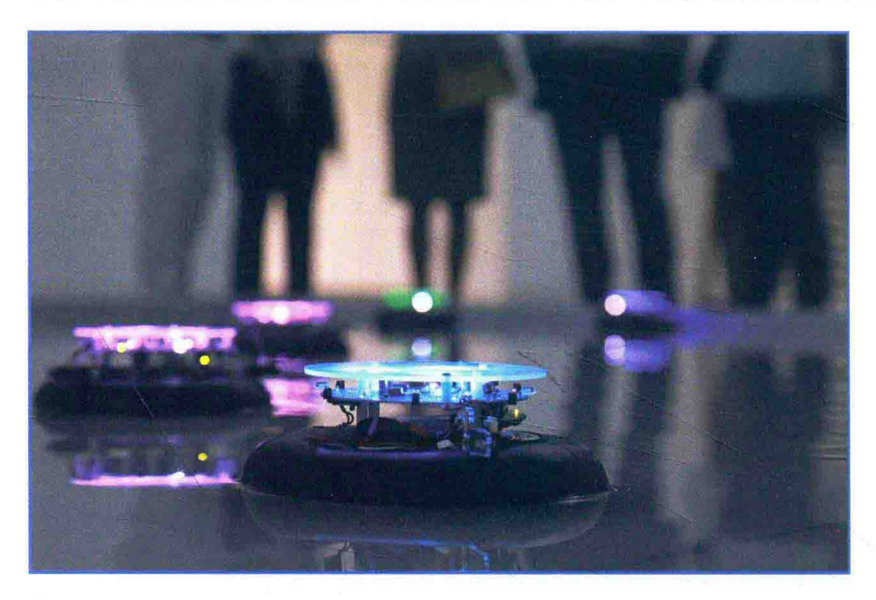


图 2.4 这些自主式机器人的行动真的像生物
（图片来源：Beatriz Orviz，LABoral[西班牙]）

2.5 无线电控制飞艇

这艘飞艇由爱达荷州立大学机器人学专业的学生及讲师制作的，使用两个直流马达作为推进装置，每个马达由一个伺服马达控制方向，因此可以独立转向（见图 2.5）。操作者用定制的手持遥控单元控制飞艇；飞艇座舱中的 XBee 无线卡与控制器相互通信。可以在 http://www.thingiverse.com/thing:98815 了解这一项目的更多细节。

在第 7 章中，你将有机会制作一艘飞艇，其中使用激光切割的木制内舱支撑一对马达，艇上配备无线电控制接收机。

2.6 FPV四轴直升机

Steve Lodefink 制作的这架漂亮的四轴直升机（见图 2.6）已经不复存在——因为拍摄照片之后的第一次飞行中，它遭遇故障从空中坠落，在地面摔成碎片。它有两个摄像头：一个低分辨率 FPV（第一视角）摄像头通

过无线电波传递图像，另一个 GoPro Hero2 摄像头用于高分辨率拍摄。

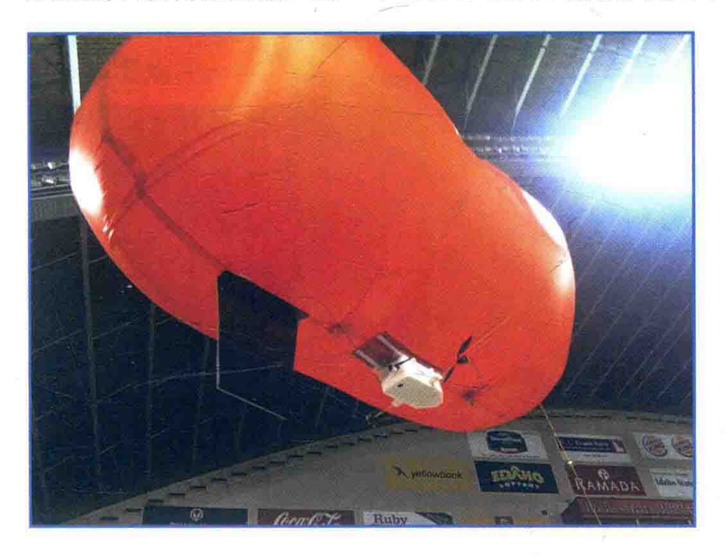


图 2.5 这艘飞艇配备了 3D 打印的客舱（图片来源：Geran Call）



图 2.6 这架可爱的四轴直升机失去动力，坠落到地面（图片来源：Steve Lodefink）

这架无人机如此漂亮，足以说明四轴直升机成为流行类别的原因。在本书中，你将分阶段制作一架四轴直升机（比 Steve 的更小、更简单）。

2.7 无线电控制敞篷三轮车

图 2.7 中的三轮车使用 3D 打印的车身和车轮，由伺服系统控制可转

向的前轮，马达驱动的后轮推动车辆。转向和行动由一个经典的无线电控制装置控制。在 http://www.thingiverse.com/thing:499130 可以找到设计文件。

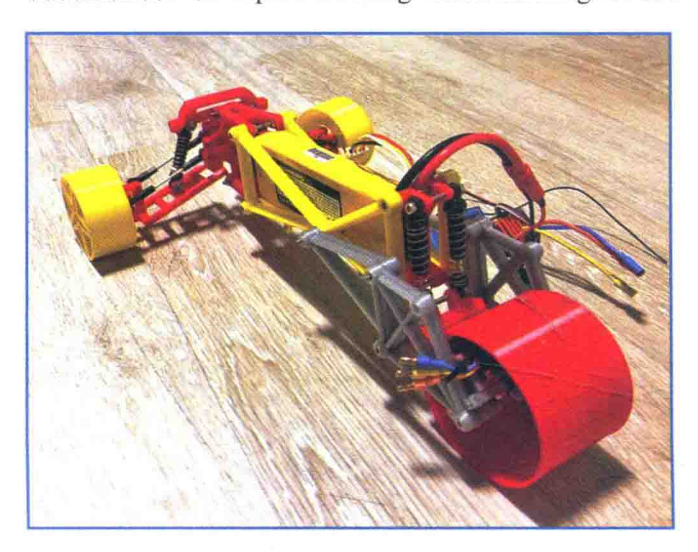


图 2.7 这辆无线电控制三轮车采用了 3D 打印的底盘
（图片来源：cupidmood）

在地面行走的无人机称作漫游车，你将在第 13 章中制作一辆。漫游车和飞行机器人相比有不同的优先考虑因素和挑战，制作的时候很有乐趣。

2.8 可折叠四轴直升机

Roger Mueller 设计和打印了他的四轴直升机的机身，使其容易折叠，这样就可以在户外远足的时候带上它。在图 2.8 中，你可以看到它从 20 米的空中跌落之后的情况——只有着陆支柱折断。在 Thingiverse.com 上可以找到它的设计：http://www.thingiverse.com/thing:71972。

设计和构建无人机时所要考虑的一个因素是它们可能发生坠机！每只“飞鸟”都至少会从空中跌落一次。第 12 章详细介绍一些保护无人机免受冲击损害的附件，例如降落伞和塑料内舱。

2.9 小型四轴直升机

Steve Doll 的“SK!TR”四轴直升机（见图 2.9）只有手掌那么大（不

含马达连杆），使用开源的飞行稳定装置 OpenPilot CopterControl（openpilot.org）。Steve 经营自己的四轴直升机商店（hovership.com），销售马达、机身和成套组件。



图 2.8　Roger Mueller 的可折叠四轴直升机从坠机事故中幸存，只有着陆支柱折断（图片来源：Roger Mueller）

第 8 章详细介绍其他一些自动驾驶仪（也称为飞行控制器）。我们将为自己的四轴直升机添加一个普通的控制器。



图 2.9　Steve Doll 的"SK!TR"四轴直升机很小，可以装进饭盒中（图片来源：Steve Doll）

2.10 3D打印的无线电控制小艇

Michael Christou 的 3D 打印小艇使用螺旋桨、推进器和其他推动装置穿行于水面。Michael 是一位退休的前工程师，他发挥了想象力来设计外观帅气的交通工具，如图 2.10 所示的小艇。在 http://www.thingiverse.com/thing:272132 可以了解更多。



图 2.10 Michael Christou 的无线电控制小艇设计可以下载和打印
（图片来源：Michael Christou）

第 11 章将介绍水中的无人机，在那一章中，你将了解制作无人小艇的重要方面：防水。

2.11 三轴直升机

图 2.11 中的碳纤维 UAV 是围绕非常便宜的开源电路板——MultiWii 飞行控制器制作的。三轴直升机的工作原理和四轴直升机不同，因为其中一个马达不是固定的。三轴直升机的后推进器在伺服机构的帮助下移动，可以进行超高机动性飞行。此外，这架三轴直升机的正面有一个 GoPro 摄像机支架。更多信息请参见 http://theboredengineers.com/2013/07/the-tricopter/。

这个三轴直升机项目说明了多轴直升机的一个现象：除了常规的老式四轴直升机之外，还有很多值得探索的有趣配置，包括 6 个、8 个和 3 个推进器的型号。

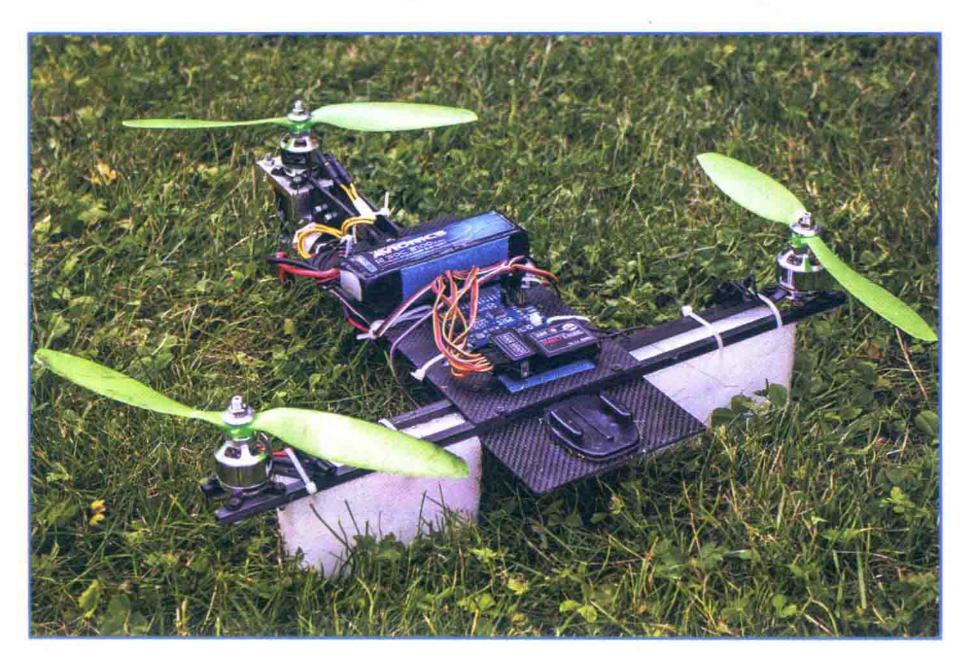


图 2.11　这架 3 轴直升机具有很高的机动性，这归功于可移动的第三个马达（图片来源：theboredengineers）

2.12　万向轮漫游车

车轮对于漫游车很重要，因为这是它用来“漫游”的装置！图 2.12 中的 3D 打印漫游车配备万向轮，从而提出了更高的要求，万向轮由马达驱动车轮和边缘携带的无动力小轮组成，使车辆可以向任何方向移动。这辆漫游车由一个 Chumby One 微控制器控制，可以在 http://www.thingiverse.com/thing:5681 了解更多细节。

你将在第 13 章中学习到各种车轮。对于漫游车制作者来说，这和四轴直升机玩家选择推进器一样重要。好消息是，购买或者制作车轮有很多很酷的选择。

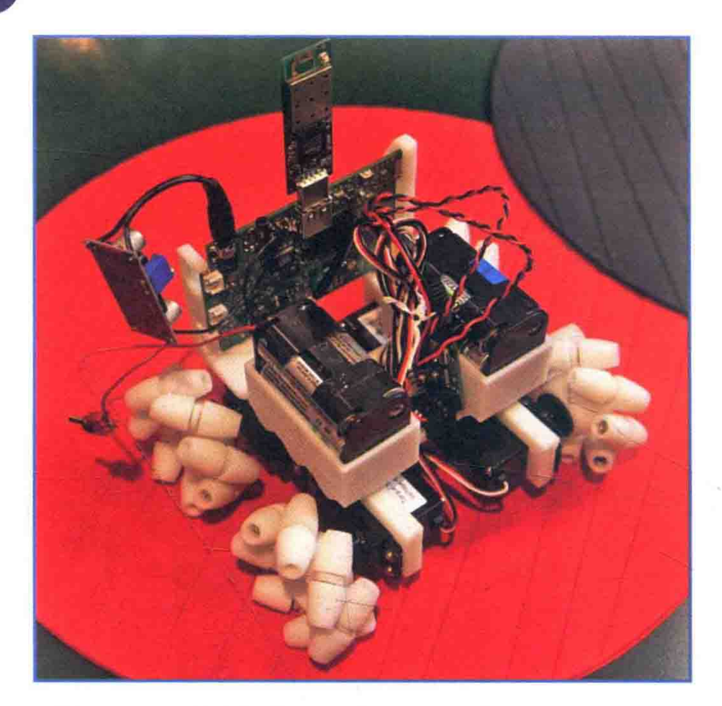


图 2.12 这辆漫游车使用万向轮，可以任意转向
（图片来源：Madox）

2.13 小结

希望本章已经让你对四处可见（在某些情况下，这并不夸张）的无人机有了感性认识。你有机会学习更多关于各种无人机的知识，包括四轴直升机、小艇、飞机和汽车。在第 3 章中，你将看到一些和本章中的无人机很相似但制作更精良的成套组件和成品。



商业化无人机及套件概述

和平常一样，获得无人机的最简单方式是购买。购买成品没有任何错误，因为这能使你更快地飞起来。但是，这样做就无法真正学到关于电子产品或者机器人制作的任何知识了。相比之下，套件可以为你提供组装不同组件的机会。完成组装后，你会学到一些关于部件以及组装方法的知识。套件组装是完全自己动手和购买成品之间的一个中间阶段。

3.1 Parallax ELEV–8四轴直升机

ELEV-8（P/N MKPX23）是 Parallax 进军四轴直升机市场的第二个版本。Parallax 制造微控制器，最有名的是配备 PBX32A 芯片的 Propeller。巧合的是，ELEV-8 的飞行控制器也配备相同芯片。因此，这种四轴直升机是 Parallax 硬件的一个组合。

ELEV-8 的设计干净利索（可以在图 3.1 中看到），它将通常很丑的电线和束线带藏在中空的连杆中，同时将 ESC 收纳在中置的两块固定板之间（见图 3.2）。

注意，Parallax 没有包含电池组、遥控发射器或者遥控接收器。显然，你必须购买上述设备才能飞行。该公司建议使用特殊的锂聚合物电池（后面将作介绍），并声称几乎任何遥控发射器和接受器的组合都可用于这种硬件。

最后，Parallax 说明道，这种四轴直升机需要高级技巧才能很好地飞行，建议有经验的遥控飞机操作者购买。



图 3.1 ELEV-8 因其简洁的外观而引人注目，可见的电线远少于平均水平
（图片来源：Parallax）



图 3.2 ELV-8 是难以驾驭的飞行器
（图片来源：Parallax）

ELEV-8 有以下特征，在图 3.3 中可以看到组成套件的部件。

- **框架：** 带有塑料板和接插件的铝管。
- **着陆支柱：** 塑料。
- **马达：** 4×1000kV。
- ESC：GemFan 30A。
- **飞行控制器：** 套件中包含 Hoverfly Open 飞行控制板。
- **电源：** 套件不含电池，推荐 3300 毫安时的 3 芯锂聚合物电池。
- **价格：** 400 ～ 550 美元。
- URL: http://www.parallax.com/product/elev-8。



图 3.3 ELEV-8 套件的组装具有挑战性，但是物有所值（图片来源：Parallax）

3.2 大疆Phantom 2 Vision+

大疆（DJI）Phantom 是一种高端成品四轴直升机，具有不同配置，

价格为 580 ～ 1300 美元。最高端型号是 Vision+（见图 3.4），配备了一个电机驱动的云台（见图 3.5），可以将摄像头对准任何方向。



图 3.4 大疆 Phantom 外形美观，到手即飞（图片来源：DJI）

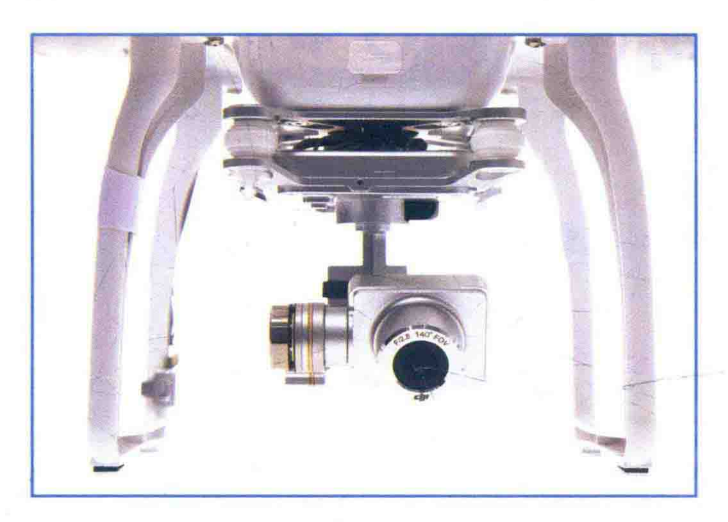


图 3.5 Vision+ 正如其名，自带一部安装在云台上的摄像头（图片来源：DJI）

Phantom 的控制选项远多于大部分四轴直升机。Vision+ 自带一个 5.8GHz 控制器，它还有一个智能手机支座，可以使用手机应用控制 Phantom，或者使用手持单元上的控制杆来控制。

最后，Vision+ 很有魅力，拥有漂亮的外壳和连杆上的 LED 灯带，如

图 3.6 所示。



图 3.6 Phantom 与众不同的 LED 不仅能够装饰四轴直升机，还能告诉操作者哪一面是正面（图片来源：DJI）

Phantom2 Vision+ 的规格如下。

- **机身：** 金属和塑料。
- **马达：** 4 部 T-Motor MN2214 920kV 外转式无刷马达。
- **ESC：** 定制 DGI 控制器。
- **飞行控制：** 大疆 NAZA 自动驾驶仪。
- **电源：** 5200 毫安时锂聚合物电池。
- **价格：** 579 ～ 1229 美元。
- **URL：** http://www.firstpersonview.co.uk/quadcopters/dji-phantom-2-vision-plus。

3.3 OpenROV

我已经提到了一类无人机——遥控无人潜水器（ROV）。DIY 无人驾驶潜水装置的最佳示例是 OpenROV，这是一个开源的半专业 ROV，已经在全世界的湖泊和海洋中进行了测试（见图3.7）。它已经被用于探测洞穴、沉船和极地冰川。换种不那么浪漫的说法，它曾经被用于检查水下的一些地形特征，这些特征本需要专业潜水员探测，如船体。

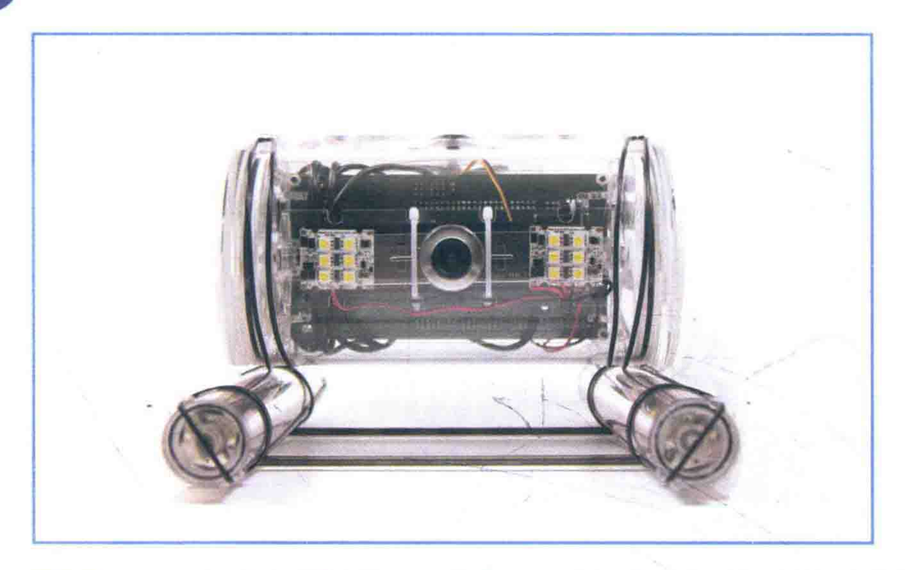


图 3.7 OpenROV 是小型潜水器，可以探索水下世界，操作者可以在水面之上进行控制（图片来源：OpenROV）

OpenROV 有 3 部马达，电子控制设备为防水而进行了密封。由于无线电波在水中传播不畅，操作者必须用很长的电线连接便携电脑和 ROV（可以在图 3.8 中看到），这条电线在 ROV 探索水下世界时拖在后面。

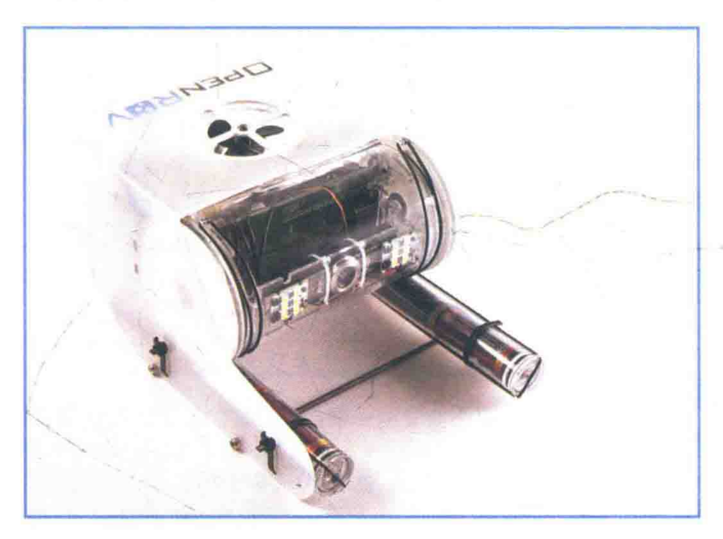


图 3.8 OpenROV 的系留电缆向机器人发送指令（图片来源：OpenROV）

操作者通过 ROV 上固定的网络摄像头观察，并用浏览器应用来交互，从而移动 ROV。此外，因为水下通常很暗，ROV 有一对 LED 矩阵，作为头灯。

OpenROV 套件（见图 3.9）包含以下零件。

- **机身**：激光切割亚克力材料。
- **马达**：3 部带有 Graupner 高效船用螺旋桨的无刷直流马达。
- **ESC**：3 部 FalconSEKIDO 无刷马达控制器。
- **控制**：OpenROV 使用插入定制 Arduino Mega 主控板的 BeagleBone Black 开发板；以太网扩展板处理与水面的通信。
- **电源**：不包含电池，可以使用 6 个"C"锂电池芯。
- **价格**：套件 899 美元，组装好 1450 美元。
- URL: openrov.com。



图 3.9 将这些部件组合起来就可以制作一艘潜水器（图片来源：OpenROV）

3.4 Actobotics Nomad

Actobotis 是一组很酷的积木式套件，其标志元素是图 3.10 中所见的打孔横梁。它们最新的机器人产品是 Nomad（"游牧民"）——只需加上传感器和控制系统就可以使用的漫游车。我的意思是你买到的不是带有微控制器或者控制系统的完整套件——在你将底盘组装好，加上马达和车轮之后，其他部件则需要 DIY。

对于一个小机器人来说，Nomad 的车轮很结实。最大的底盘部件有 1 英尺（30.5 厘米）长。每个车轮的直径为 5 英寸（12.7 厘米），厚度超过 2 英寸（5.14 厘米）——这正是翻越障碍所需要的。图 3.11 展示了这些部件。

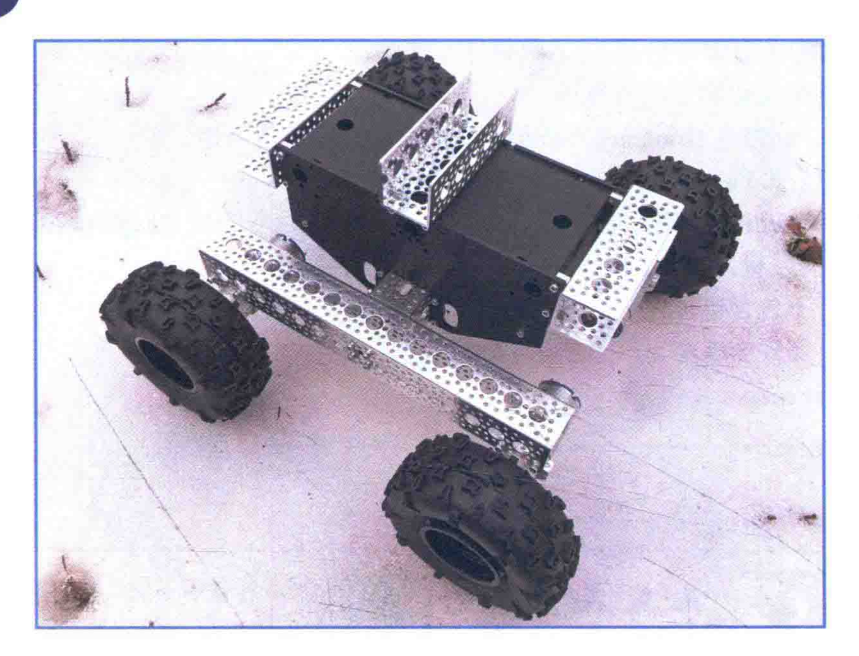


图 3.10 Nomad 是底盘和马达——只需要加上微控制器和电池组!

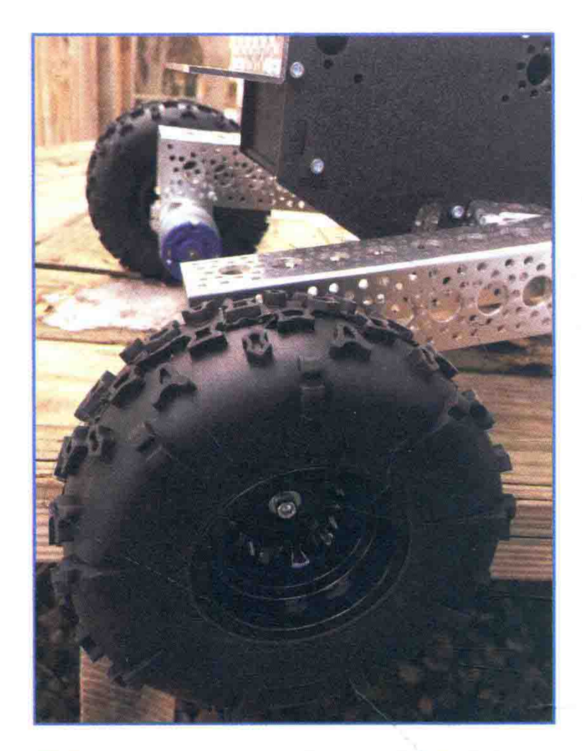


图 3.11 Nomad 配备了有趣的“越野”底盘

即便如此，你还必须寻找自己的电池组、马达控制器等部件。除非你有这些部件，否则你购买的 Nomad 套件不能立刻上路！但是，对于一辆漫游车，这个套件是很好的起点，其结构经久耐用（见图 3.12），可以探索后院所能提供的任何地形。



图 3.12 穿越恶劣地形时，凸块高花纹轮胎是项福利

Nomad 的规格如下。

- **车身：** 挤制铝材框架，ABS 外壳。
- **马达：** 4 部 12V、313 转 / 分的直流马达。
- **车轮：** 全地形轮胎。
- ESC：无。
- **控制系统：** 无。
- **电源：** 无。
- **价格：** 280 美元。
- URL: https://www.sparkfun.com/actobotics 或 https://www.servocity.com/html/actoboticstm.html。

3.5 Brooklyn Aerodrome Flack

Brooklyn Aerodrome（brooklynaero.com）是纽约的一个用家用隔热材

料（看起来像彩色的泡沫塑料，在图 3.13 中可以看到一个例子）制作无线遥控飞机的组织。Flack（Flying Hack 的简写）配备一个电动马达作为推进器，以及用于操纵控制面的伺服装置，具备极高的机动性。因为飞机是用泡沫塑料制作的，很容易重新制作——如果飞机坠落、泡沫塑料断裂，只需要拿下电气装置舱室，将其放在新的机翼上即可。

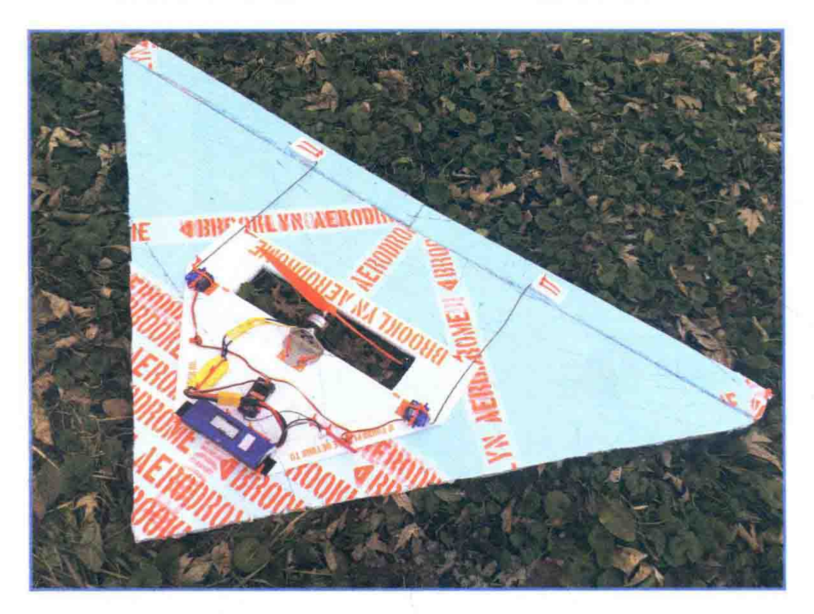


图 3.13 Brooklyn Aerodrome Flack 是任何人都能制作的廉价 RC 飞机

Flack 套件最初的价格为 100 美元，但是现在使用了更好的电气装置并包含一本详细介绍该组织研究成果的出色图书，因此价格差不多翻了一番。如果你只想实施廉价的 RC 项目，这本书绝对能助你一臂之力。

套件（部分制作好的 Flack 可以在图 3.14 中看到）提供了飞行所需的所有装置，包括电池、基本型控制器和接收机、马达以及在飞机损毁时足以重建的隔热材料。它巧妙地使用了束线带等轻量级的材料（见图 3.15），但是很结实，足以承受撞击。

Flack 规格如下。

- **机身：** Coroplast 束线带制成的驾驶舱和泡沫隔热材料制作的机翼。套件中附送一些机翼，也可以自制。
- **马达：** 1 个 1800kV HiModel 外转式无刷马达；2 个 TG9E 微型伺服马达。
- **ESC：** 没有名气的 18A ESC。
- **推进器：** 9×9 慢飞螺旋桨。



图 3.14 Flack 是一个套件，必须由买家组装

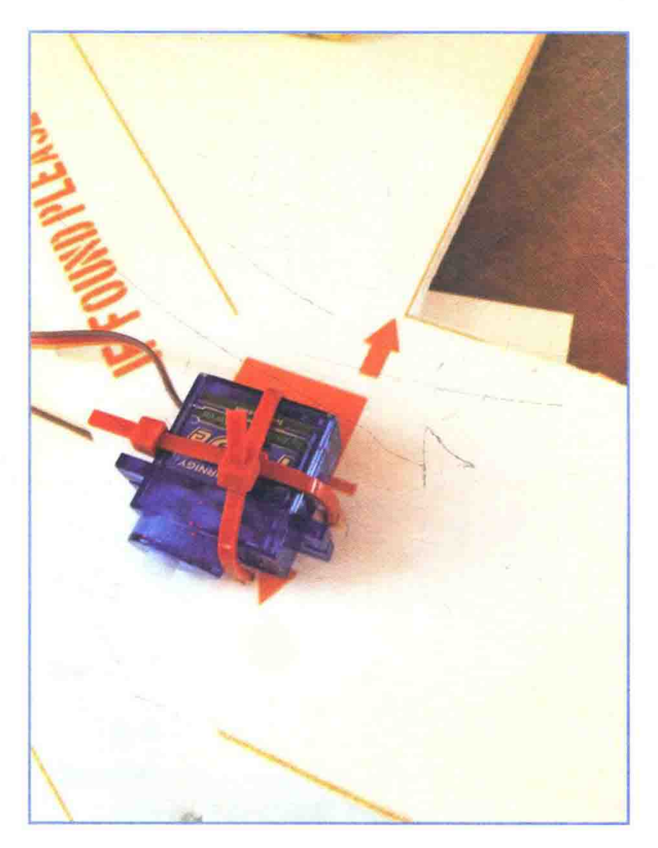


图 3.15 Flack 巧妙地利用了轻量级材料，如双面胶带和束线带

- **飞行控制：**Hobby King HK-T6A 控制器和接收器。
- **电源：**Turnigy 1800 毫安时锂聚合物电池。
- **价格：** 从 brooklynaero.com 购买为 199 美元，从 makershed.com 购买为 249 美元。
- URL: http://www.brooklynaerodrome.com/。

3.6 小结

在本章中，我们深入介绍了 5 种出色的无人机产品，有些是套件，有些是预先制作好的，但是都提供了独特的挑战和学习机会。现在，了解了广泛的项目和套件后，我们已经为自行制作做好了准备！在下一章，我们将开始制作自己的四轴直升机，第一步是选择机身。

4

制作四轴直升机I：选择机身

本书的主要项目是四旋翼直升机（见图4.1）——也称为四轴飞行器或者四轴直升机。首先选择底盘——在飞机中称作机身。

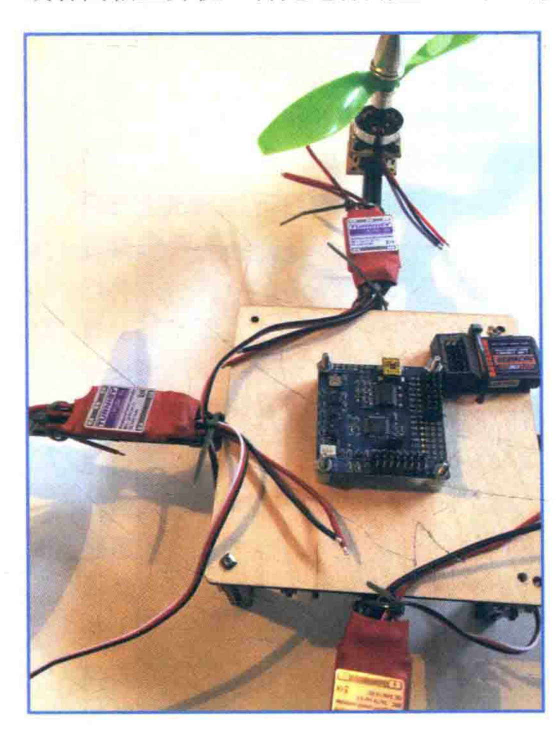


图4.1 自己制作这架四轴直升机！

本章首先介绍一些底盘的选择，但是最终（剧透！）我将选用一组MakerBeam铝制主梁，用螺栓连接成一个精细的机身。然后，用一个便于制作的木质平台完成整个机身，该平台用于安装四轴直升机的微控制器、电池组和其他电子装置。

但是，还是从头道来吧！在我们使用 MakerBeam 制作之前，先来了解一些其他选择，包括商业化产品和可以 DIY 的产品。介绍完它们之后，我将指导你组装自己的 MakerBeam 机身。

4.1 使用哪一种机身

无人机或者机器人机身的有趣之处在于，大部分机身只是用来将所有装置组合在一起，因此任何有一定刚性、坚固的轻质材料都可以用于（也已经用于）制作机身。有时候，奇怪的材料能够造成滑稽的效果——回头看看第 2 章中的项目。

机身可用木材、塑料和金属制成。如果材料有合理的强度，轻巧且可以在上面固定各种装置，就可以作为底盘的材料。话虽如此，某些机身有着明显的优势。

例如，图 4.2 中的机身来自 Parallax 的 ELEV-8 四轴直升机，马达连杆采用了轻质的铝管，专门设计了与马达和套件中其他组件配对的塑料垫圈。这是意料之中的事情，不过知道所有零件都能够组合在一起是很好的事。



图 4.2 Parallax ELEV-8 配备了用塑料和铝材制作的轻质机身

无须费力就能实现兼容以及更精致的外观，是商业化机身的两大好处。在下一节中，我们将介绍在购买这些产品时需要考虑的一些特性。

4.1.1 在商业化产品中选择

我们先来研究选择机身时可能考虑的条件。下面讨论了一些需要考虑的特性。

- **外观**——普通的外观人人都能做出来。如果花钱购买机身，它应该具有专业的设计和加工水平。商业化的产品在外观上应该要胜过你在地下室里做出来的东西。
- **配置**——你的直升机将配备多少个马达？马达连杆的数量不是唯一需要考虑的配置问题。你想不想在直升机上配备摄像头？根据摄像头的位置，可能需要着陆支柱。最常见的机身是已成经典的四轴直升机，它配备 4 根马达连杆，以及支撑控制器和电池的中心板。
- **尺寸**——你想要多大的四轴直升机？我的 Parallax ELEV-8 主尺度超过 2 英尺（60.96 厘米），但从四轴直升机的标准来看只算是普通。要牢记你的项目总体需求，以及马达及推进器的规格。不要迟疑，首先尝试较小的项目——小的马达和其他组件可能比较便宜，因为技术要求较低。
- **材料**——正如我所提到的，任何轻质而结实的材料都可以用在机身上。但是，铝和塑料——或者两者的组合——最为流行。
- **安装零件**——这对我来说极其重要。如果上面不能很容易地固定各个组件，机身就算很酷，又有什么用？要在机身上很容易地固定马达，意味着需要有特殊的板材和连接件，但这不是必需的。许多四轴直升机主要是由管道胶带和束线带固定的。
- **价格**——我发现机身的价格有很大的差别，但有时候付出更多的钱，所得并不明显。对于所有爱好者所用的硬件，有些产品的外壳上有很酷的丝印图案，价格贵了一倍，但是最终并不是那么令人印象深刻。
- **强度**——四轴直升机有个羞于启齿的秘密——经常坠机！它们经常在电量耗尽或者技术故障发生之后撞上草皮。你想要制作哪种耐用度的无人机？另一方面，由于强度往往伴随着重量，坚不可摧却无法升空的四轴直升机又有什么意义？这就将我们带到下一个问题。
- **重量**——最后要考虑的是重量。马达的升力会被机身重量抵消，如果你有怪兽级的马达和推进器，就可以使用更坚固的机身。

4.1.2 自制机身

购买始终是一个选择，但是如果有时间、工具和材料，最好是自己制作机身。那样，你可以有最适合要求的机身，而且可以为自己的创造感到骄傲！

下面讨论自制机身的 3 个基本途径。

积木式组件

使用积木式组件，你不需要任何设计，只需要用塑料或者金属横梁就可以简单地搭建机身。大部分 DIY 套件都需要将零件固定在一起——但是，用的是定制零件而不是毛坯零件——不过，仍然可以看到搭建自己的机身有多么容易。

本节将介绍如何使用方便灵巧的铝制积木式组件 MakerBeam 搭建机身，如图 4.3 所示。

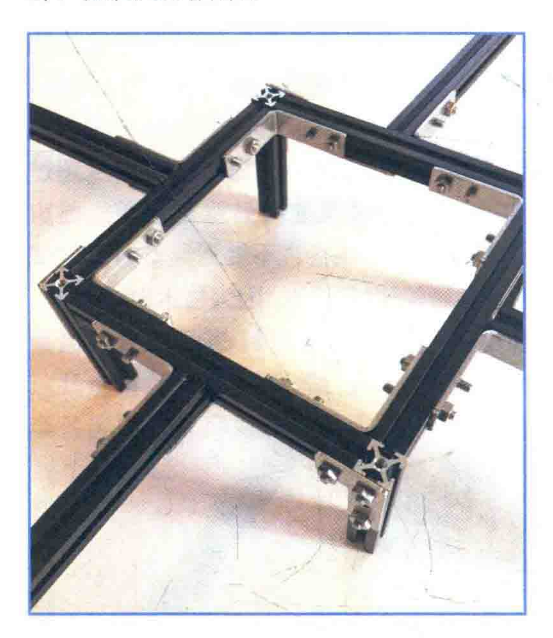


图 4.3 本章后面所介绍的步骤搭建出来的是图中的机身

3D 打印机

另一个选择是用 3D 打印机（用熔化的塑料制作三维物体的工具）打印你的机身。在 Thingiverse（一个展示可免费下载 3D 打印机文件的网站）上已经有许多四轴直升机零件。例如，图 4.4 中的 T-6 四轴直升机。它的创作者 Brendan22 设计和打印了马达连杆和外壳，可以在 http://www.thingiverse.com/Brendan22/designs 下载他的设计。

如果你不满足于下载别人的作品，可以使用 Sketchup（sketchup.com）或者 Tinkercad（tinkercad.com）等 3D 设计软件构建项目所需的零件，然后在你的 3D 打印机上输出。听起来有些贵？确实如此。3D 打印是一个新颖的行业，价格还没有低到人手一台的程度。不要担心，还有许多其他

方法可以制作机身!



图 4.4 T-6 四轴直升机采用 3D 打印的机身和 6 个马达(图片来源:Brendan22)

木材

木材是非常轻质而结实的机身材料，尤其适合于较小、较轻的四轴直升机。许多滑翔机模型使用巴尔沙木——一种超轻且容易成型的木材。但是，四轴直升机有能力运载一定的重量，木材相对较低的强度 / 重量比就显得不成问题了。

木制机身的一个有趣特点是，你可以在薄木条上用激光切割出框架，然后像拼图一样组合起来。图 4.5 展示了这类创作的一个例子。这是一个用智能手机控制的四轴直升机的机身，称作 Flone（http://www.thingiverse.com/thing:113497）。它看上去很棒，且很容易制作——如果你有激光切割机的话。

木材的另一个好处是，很容易对它进行快速的改良——只需要在上面钻孔！和商业化的机身或者金属及塑料机身不同，在木制机身上切割或者钻孔很容易。如果把事情搞糟了，所要采取的措施就是用激光再切割一个！

4.2 项目1：MakerBeam机身

我决定用一些以前随便扔着的铝制横梁，为自己的四轴直升机制作机身。这些横梁（见图 4.6）用螺栓固定在一起，并连接到多块角板，以免在空中飞散。

图 4.5 Flone 机身很容易在一个木片上用激光切割出来（图片来源：Lot Amoros）

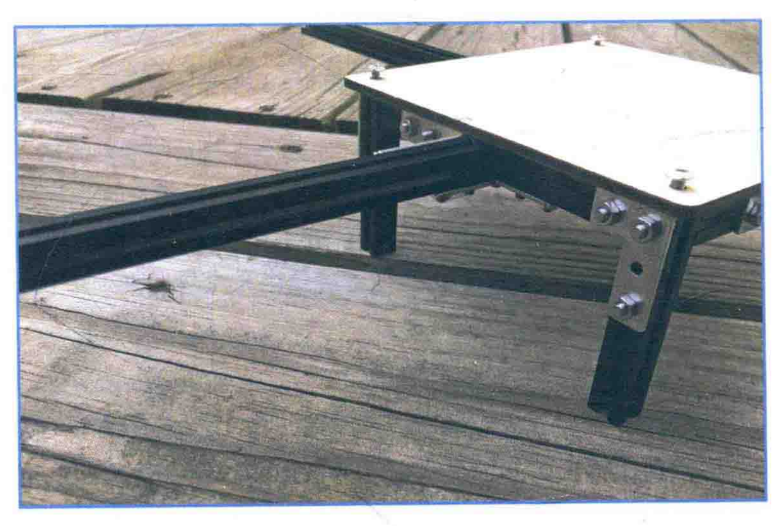


图 4.6 MakerBeam 是一个轻质、灵活的平台，你可以此为基础制作四轴直升机

4.2.1 MakerBeam

MakerBeam（www.makerbeam.eu）横梁很酷，它们用 M2.5 螺丝固定在一起，采用了不同寻常的连接方法——螺丝头是正方形的，划入铝制横梁刻出的凹槽上。螺丝上加入了连接片，螺母用六角扳手旋紧（见图 4.7）。



图 4.7 MakerBeam 螺纹头孔和巧妙的凹槽使其很适合于制作四轴直升机机身

这种产品的思路很巧妙。2012 年启动的一项众筹活动 OpenBeam 筹到了 10 万美元的开发资金。这一活动的想法是创造一种开源铝制积木式组件，使每个人都可以制作自己的附件，或者在基本设计上扩展。

MakerBeam 是那个原始项目的一个分支，使用不同的接插件和稍做改良的横梁，但是仍然保持了原始项目的精神。在美国，可以从 Amazon.com 购买 MakerBeam（搜索 ASIN：B00G3J6GDM）。

也可以从 Adafruit 购买原创的 OpenBeam（www.openbeamusa.com）。它的工作原理基本相同，但是使用陷入凹槽中的螺母，而非螺丝头。OpenBeam 还提供可下载的设计，可以输出自己的 3D 打印接插件。

4.2.2 零件

制作机身需要如下零件（见图 4.8）。注意，所有 MakerBeam 零件都可以在 MakerBeam Starter Kit 中找到（P/N 01MBTBKITREG）。

A. 4 根 150 毫米横梁（P/N 100089）。

B. 4 根 100 毫米横梁（P/N 100078）。

C. **4 根 60 毫米横梁**（P/N 100067）。

D. **8 个角架**（P/N 100315）。

E. **4 个直角托架**（P/N 100326）。

F. **4 个 L 型托架**（P/N 100304）。

G. **M3 x 6 毫米螺丝**（P/N 100359），它们还提供更长的螺丝，但不包含在 Startet Kit 中。

H. **M3 螺母**（P/N 100416）：它们还提供自锁螺母（P/N 100405）。

I. **一块木片**。我使用 13×13 厘米、3 毫米厚（1/8 英寸）的波罗的海桦木板制作平台，螺丝孔距 11 厘米。

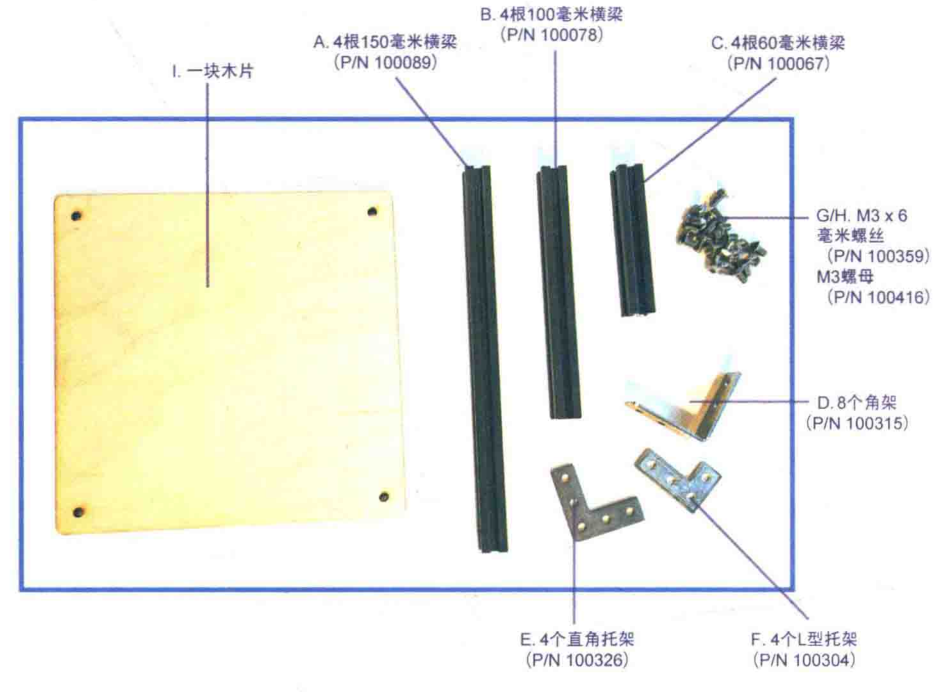


图 4.8 制作 MakerBeam 机身需要这些零件

4.2.3 步骤

收集所有零件之后，按照如下步骤制作机身。

1. 制作 4 个相同的组件，每个包含一根马达支柱以及中心方格的一部分。下面是制作每个组件的子步骤。

   a. 将两个螺丝滑入 150 毫米横梁的凹槽中，用套件中提供的螺母和六角扳手将直角托架固定在这两个螺丝上，如图 4.9 所示（注意，

每两个螺丝中我只上紧一个，这样就可以更快地做出调整。后面，我将仔细检查，并在设计符合要求之后停止增加螺母）。

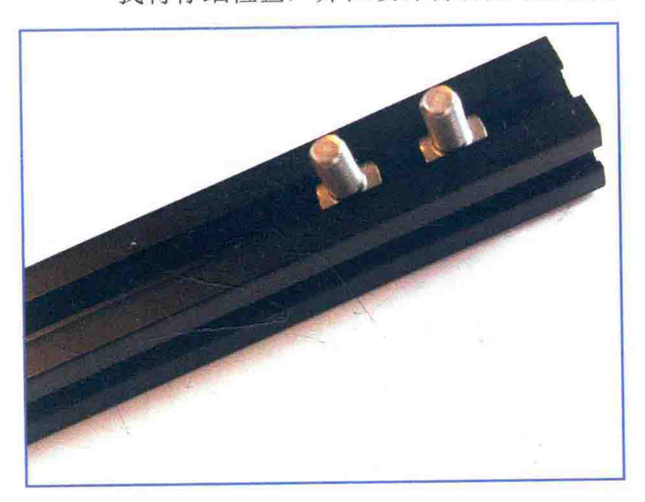


图 4.9 将两个 M3 螺丝头滑入 150 毫米横梁的凹槽

b. 将两个螺丝滑入 100 毫米横梁的凹槽中，将其连接到 150 毫米横梁和你已经准备好的托架，如图 4.10 所示。用两个螺母固定。

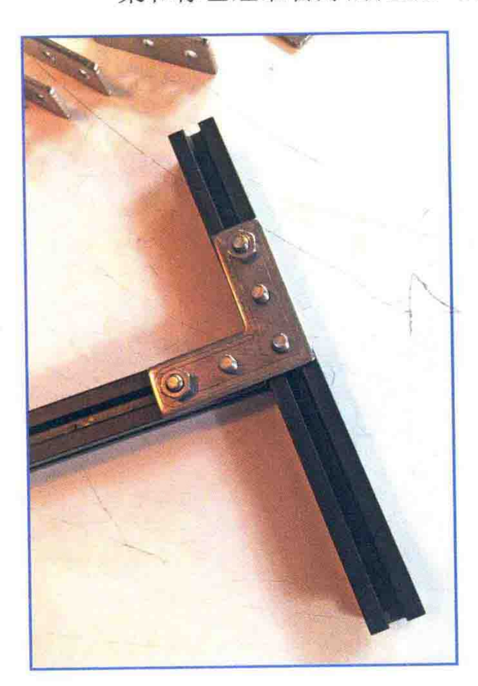


图 4.10 用两根横梁组成“T”型，并用托架固定

c. 添加角架以帮助固定横梁，如图 4.11 所示。用常规方法固定角架。

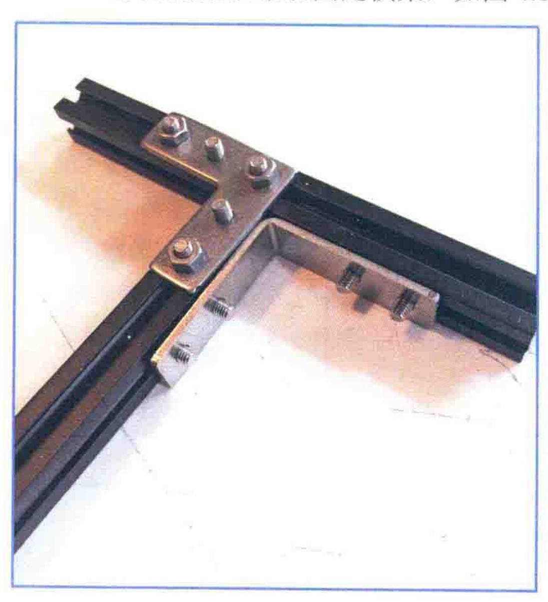


图 4.11 用另一个角架加固“T”型结构

d. 将 L 型托架连接到 100 毫米横梁的顶部，像图 4.12 那样放置。

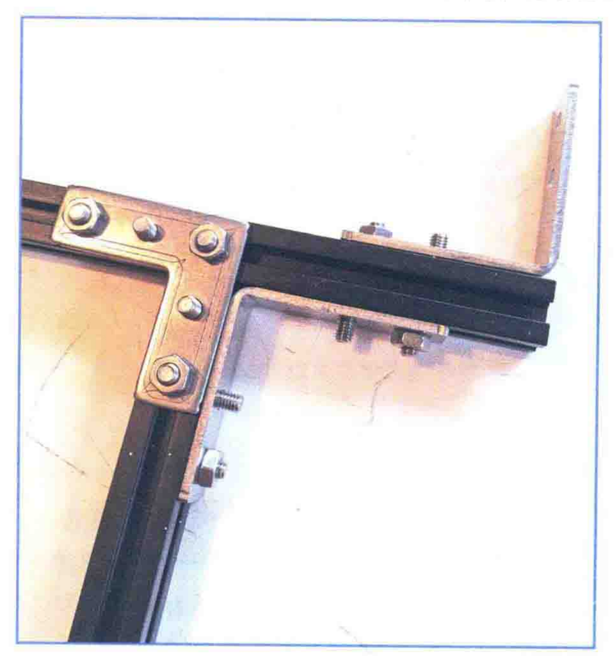


图 4.12 添加另一个托架

2. 制作完全部四个部件之后，用平常的五金件将它们连接到一起，如图 4.13 所示。

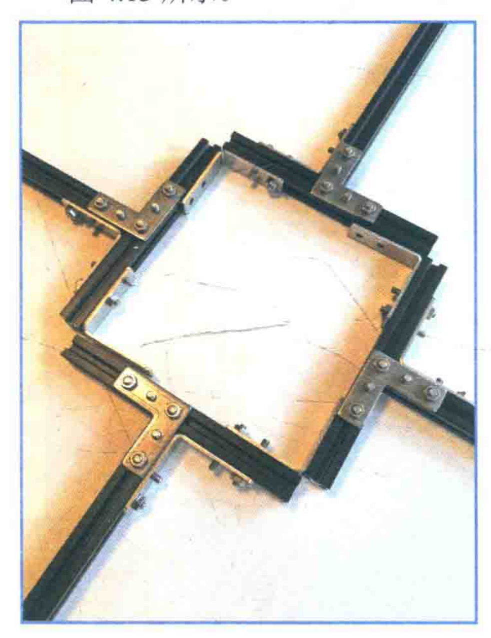


图 4.13　将四个部件连接起来，可以看到机身具备雏形

3. 翻转机身，使扁平的 L 型托架朝下。添加 4 根 60 毫米横梁，用 L 型托架固定它们，如图 4.14 所示。

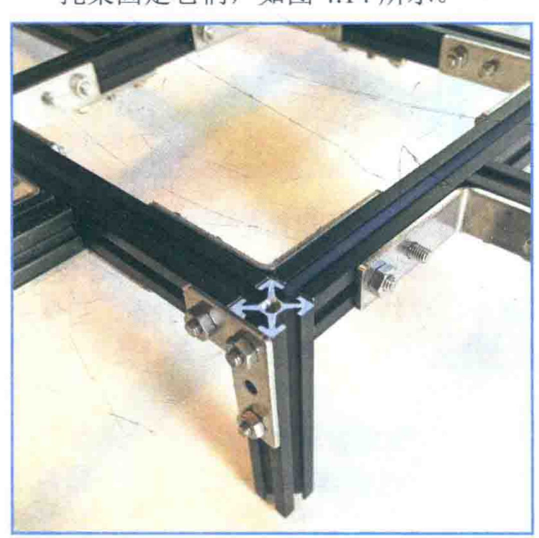


图 4.14　增加脚架

4. 现在，你已经为添加木制平台（见图 4.15）做好了准备。我用激光切割出所需的准确形状，也可以使用旧（薄）木片手工钻孔。不要使用太厚的木板！不厚于 1/8 英寸（3 毫米）的波罗的海桦木就可以达到效果。用 M3 螺栓将平台锁进四脚顶部的螺纹孔中，用六角扳手锁紧。



图 4.15 将木制平台连接到脚架顶端

四轴直升机似乎还没有完成？应该考虑到还没有马达、螺旋桨或者电气装置，确实如此，保持耐心！在后面的几章中，你有机会完成制作。

4.3 小结

我们已经走上了制作四轴直升机的道路——用铝制横梁搭建了机身！在下面的几章中，我们将添加马达和螺旋桨、电池组和微控制器。但是，我们要混进其他的内容！在第 5 章中，我们将制作一个电子载荷，记录火箭模型飞行中所遇到的重力作用。



火箭无人机项目

本章我们将探索不同类型的无人机，使其与主项目搭配。我将谈及火箭技术，可以将其描述为一种全自主式无人机。在本章中，你将学习一些业余制作火箭的历史，并经历制作数据收集火箭无人机的真实步骤，该无人机能够记录其高度，供你在以后检查。图 5.1 中展示了这枚火箭。



图 5.1 你将在本章中制作图中的数据收集火箭

5.1 业余制作的火箭模型

自从火箭在几个世纪前被发明之后，人们已经对其相当熟悉。在当今的美国，科罗拉多州潘罗斯的 Estes Rockets 公司制造的小型塑料 / 巴尔沙木火箭最受欢迎。Estes 销售固体火箭发动机和火箭套件（见图 5.2）以及发射系统。



图 5.2 Estes 火箭套件。只要胶水和漆就可以组装了!

1959 年，Vern Estes 开发了一台包含固体火箭发动机的机器，并围绕它创造出了火箭套件。Estes 的火箭相当便宜且具有挑战性，很快就风行全世界。Estes 火箭发动机本质上是将固体推进剂放入一个硬纸筒里，它包含辅助推进剂，可以在主推进剂燃尽之后打开降落伞。该公司还销售由手持控制器及发射台组成的发射系统，发射台上带有一根细长的金属管，将火箭指向天空。

Estes 火箭的尺寸从很小的火箭到巨型火箭，几乎无所不包。低端产品是超小型的“蚊子”，这种火箭很轻，没有降落伞也能安全着陆。最高端的则是“海怪”，这种火箭装有威力巨大的发动机，可以将其推送到 1500 英尺（457 米）以上的高度。Estes 火箭有许多不同的设计，甚至可以买到各种不同的火箭喷管和头锥，制作自己的火箭。

我们将剖析典型的模型火箭，如图 5.3 所示。

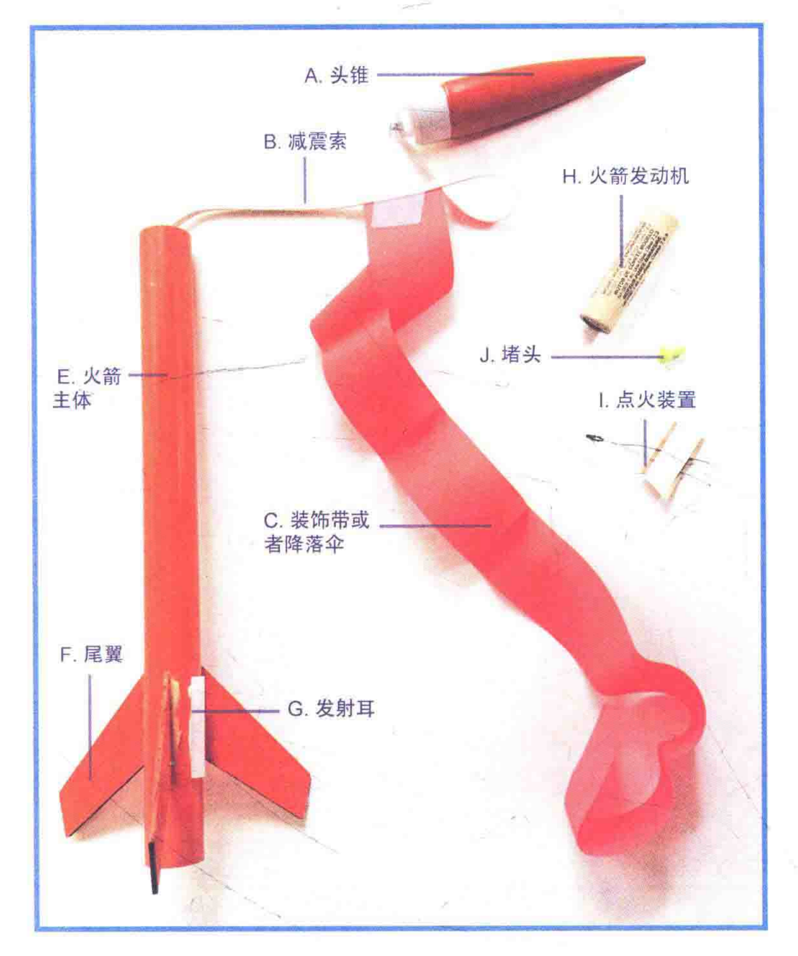


图 5.3 虽然模型火箭常常很小，但是仍然有许多零件

A. **头锥**——头锥往往是模型中唯一的塑料件，有助于火箭的空气动力学特性，同时要足够坚固，以承受向下撞击地面时的冲击力。

B. **减震索**——这仅仅是一条连接装饰带 / 降落伞、头锥和火箭主体的绳索（图 5.3 中是一条橡皮筋）。

C. **装饰带或者降落伞**——火箭发动机燃尽之后，它会触发辅助推进剂，打开降落伞——或者例中的丝带。较小的火箭不需要降落伞，用一条装饰带就可以提供足够的拉力，降低火箭的速度，使其落地时不会损坏。

D. **填塞物**——防火填塞物可以保护降落伞，避免被二级推进剂点燃（图 5.3 中没有展示）。

E. **火箭主体**——（通常）是组成火箭中心主体的硬纸筒。

F. **尾翼**——提供稳定性。在 Estes 的世界中，它们通常是激光切割的巴尔沙木。大部分套件假定你将打磨尾翼并上漆，然后将用胶水粘到硬纸筒上。第一次制作时这一步实际上相当难。

G. **发射耳**——这个管状物引导火箭向上穿过发射台所包含的金属管，它看上去很丑，就像吸管一样。

H. **火箭发动机**——Estes 发动机由携带推进剂和辅助推进剂的硬纸筒组成。

I. **点火装置**——这根线在通电时发热，从而点燃火箭燃料。

J. **堵头**——在发射前防止点火装置掉出。

5.2 Arduino快捷指南

现在，你已经了解了模型火箭的最新情况，我们将专心研究制作本章项目所需的另一个技能：Arduino 微控制器。

本章的项目包括一个 Arduino，这是一种易于使用的微控制器，用来管理我们的数据收集火箭载荷。下面是向 Arduino 控制板上传程序（在 Arduino 的世界中称作“素描”[Sketch]）的简单指南。

本章中的项目使用 Arduino Micro（见图 5.4），这是一个很小的 Arduino 控制器，可以装入火箭主体的管状部分。但是，Micro 可以完成和全尺寸型号几乎相同的任务，对我们的目的很理想。

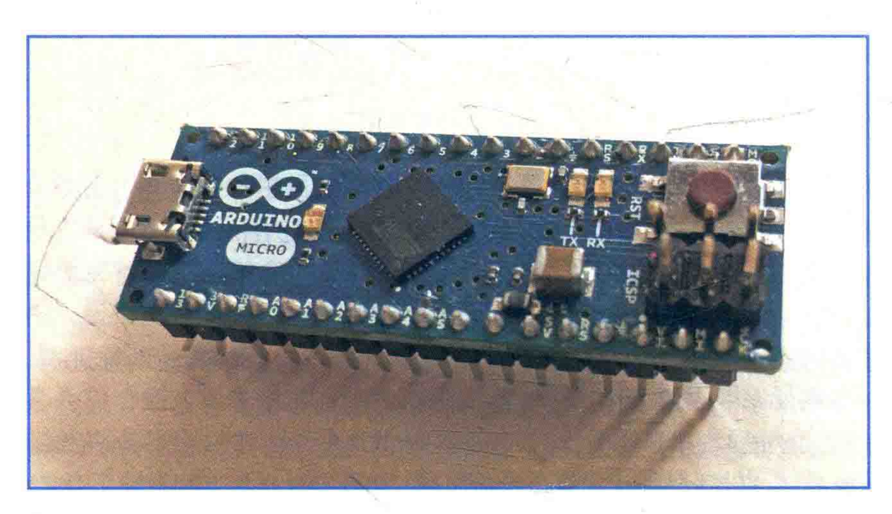


图 5.4 Arduino Micro 是一种紧凑型的 Arduino，对于小空间任务很实用

你需要一条 USB 电缆，具体型号取决于 Arduino 的型号。Micro 使用微型 USB 电缆（Sparkfun P/N 10215），而 Arduino UNO 使用标准 USB A-B（P/N 512）。在 Arduino.cc 上可以找到更多电缆的选择。你还需要一台较新的台式电脑或者便携电脑——可以是 PC、Mac 或者 Linux 系统。

一旦有了所需的设备，按照以下步骤进行。

1. 下载安装 Arduino 软件。可以从 Arduino.cc 下载软件，阅读详细说明。图 5.5 提供了该网站的截图。

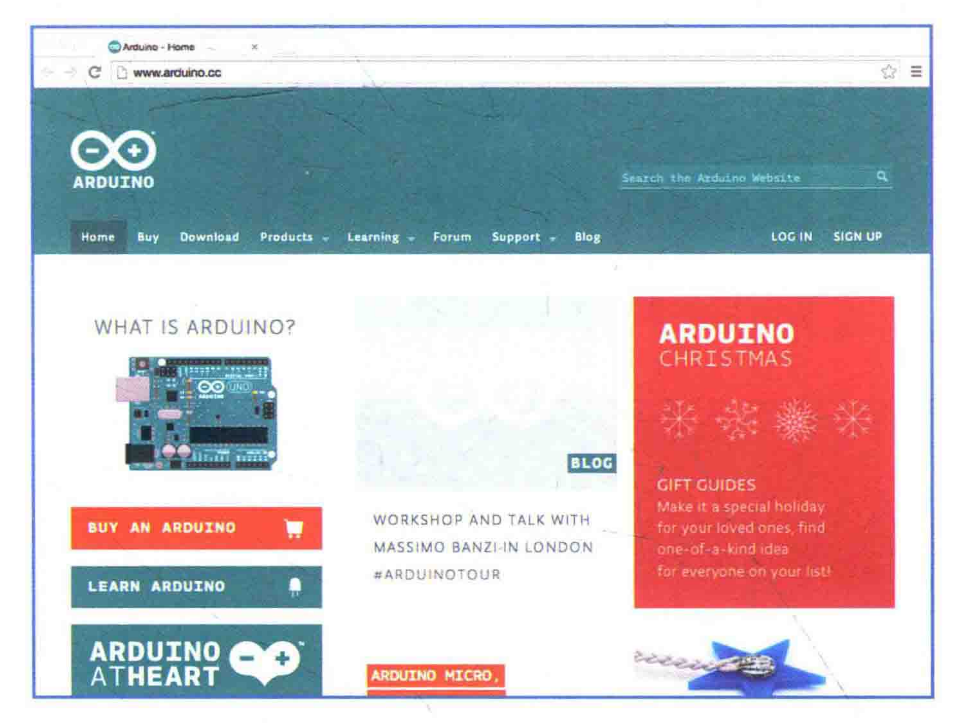


图 5.5 Arduino 的主网站 Arduino.cc 应该是学习 Arduino 的第一个目标

2. 启动 Arduino 软件，通过 USB 电缆插入 Arduino，如图 5.6 所示。
3. 进入 Tools → Bords 菜单，从列表中选择你的 Arduino，如图 5.7 所示。

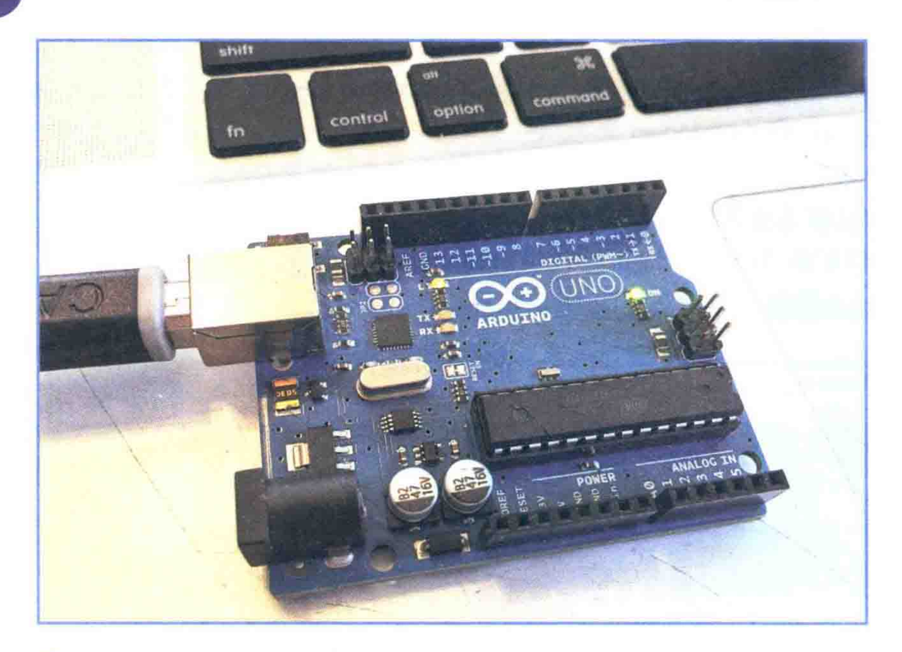


图 5.6 插入 Arduino

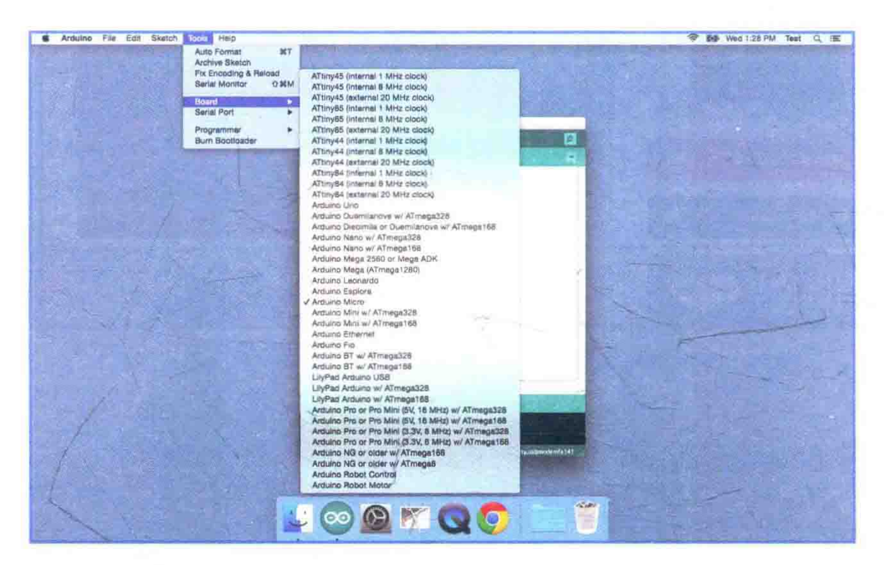


图 5.7 从列表中选择你的 Arduino

4. 你还需要选择一个端口，这仍然在 Tools 菜单下，如图 5.8 所示。可能需要尝试几个不同端口以找出有效的端口。
5. 现在，选择 File → Open，打开你的“素描”（Sketch）——这是 Arduino

世界中对程序的叫法。你可以从互联网上下载其他人的素描，或者使用File → Examples → Basics → Blink 下面的素描示例（见图 5.9）。Blink 是硬件修改的“Hello World”程序。这就是你学到的第一件事！

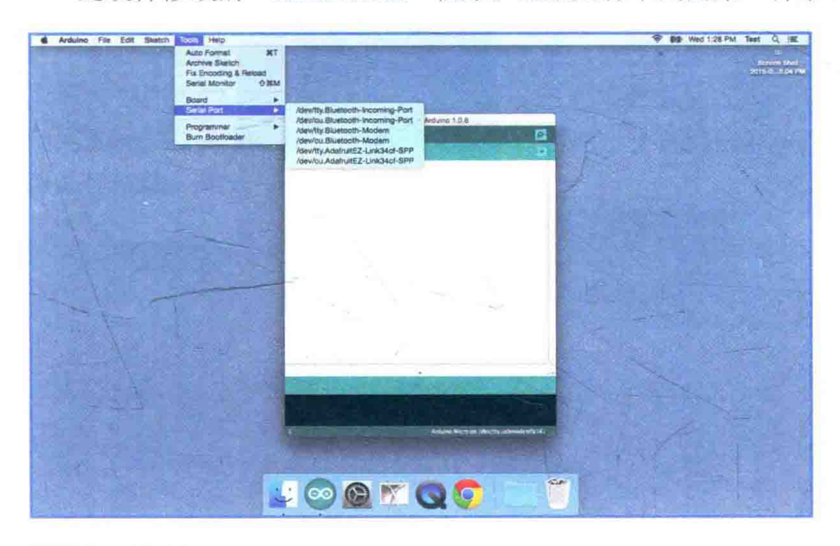


图 5.8 选择端口

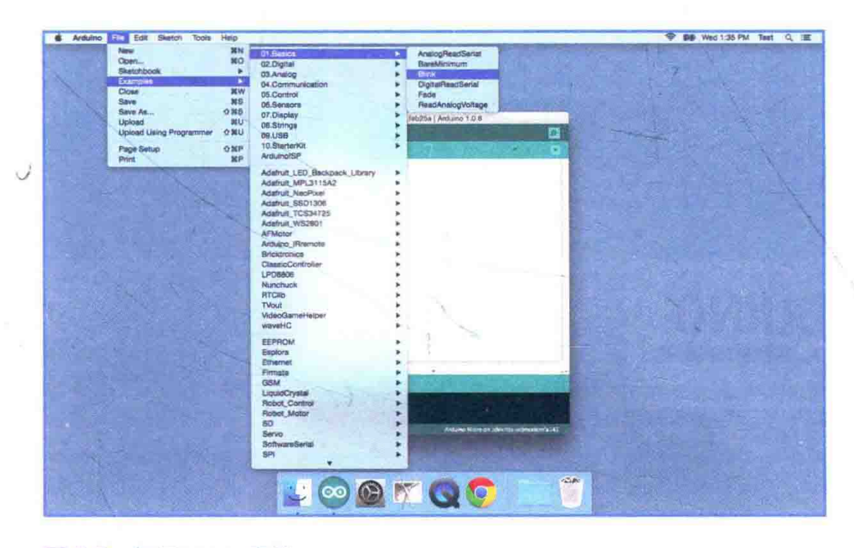


图 5.9 打开 Blink 素描

6. 单击 Upload 按钮，将素描发送到 Arduino 板上，如图 5.10 所示，这就成了！ Arduino 现在已经编程，并且在开启电源时自动启动素描，你已经为制作火箭做好了准备！

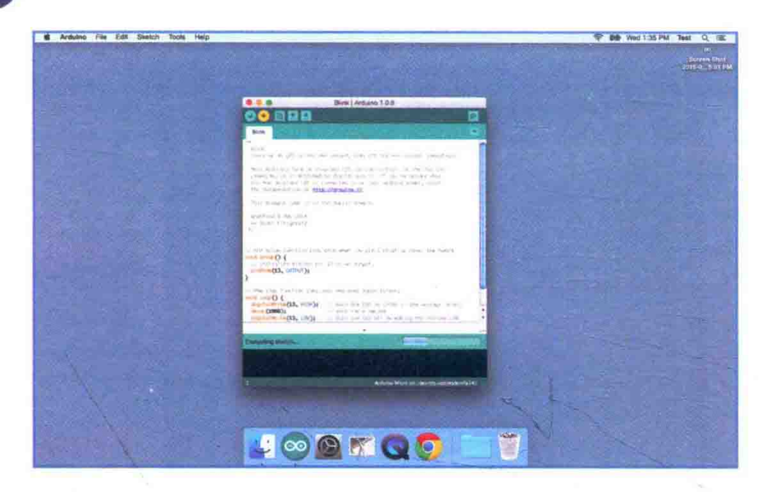


图 5.10 将素描上传到 Arduino 上

如果出现错误信息，双击设置并尝试不同端口。如果其他端口都失败，尝试从 Arduino.cc 上的论坛和 FAQ 寻找帮助。

提示

Arduino 初学者必读

如果你想学习更多关于 Arduinos 的知识，一定要阅读 *Arduino for Beginners*（Que，2013），这是一本关于 Arduino 项目（包括素描和工具提示）的图书（见图 5.11）。它传授许多硬件和软件概念，有助于提升你的 Arduino 知识水平。

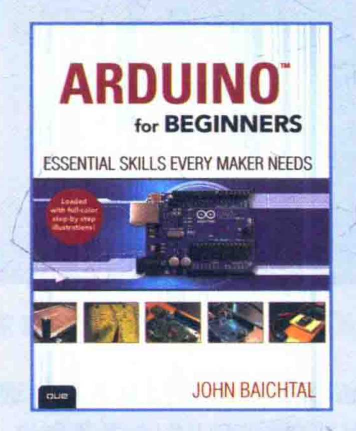


图 5.11 如果你是 Arduino 初学者，这是必读的图书！

5.3 项目2：数据收集火箭

现在你已经了解了 Arduino 的最新信息，让我们来制作一枚数据收集火箭（见图 5.12），它携带高度计，可以记录其数据供以后研究。我们将使用 Estes V2 火箭，这种火箭的尺寸足以容纳一个电路板和电池。我将说明如何接线，如何为火箭的大脑——Arduino 编程。



图 5.12 数据收集火箭记录遥测数据供以后研究

5.3.1 制作数据收集火箭所用的零件

制作数据收集火箭需要以下零件。

- **Estes 半尺寸 V2 型火箭**——可以从大部分爱好者商店或者 Estersrockets.com 买到它（P/N 00328）。
- **Estes Porta-Pad II 发射装置**——这就是一个经过美化的 9V 电池，用于启动发动机（Estesrockets.com; P/N 002215）。
- **Arduino Micro**——可以在 Adafruit.com（P/N 1086）或者其他在线商店购买。

- **高度计**——高度计和加速计分接板数不胜数，我选择 MPL3115A2（Adafruit.com; P/N 1893）。它根据气压感应确定高度的变化。
- **OpenLog 数据记录仪**——Sparkfun 销售这种产品（P/N 9530）。
- **半尺寸面包板**——这种塑料面包板（Sparkfun.com; P/N 12002）可能不是最轻的。
- **跳线**——也被称作“电线”。Adafruit.com 有一组很好的产品（P/N 153）。

5.3.2 数据收集火箭制作步骤

购齐零件之后，就可以开始构建项目了。按照以下步骤进行。

1. 制作火箭。根据 V2 型火箭所带的说明书，按照平常的方法组装和上漆。可以在图 5.13 中看到制作中的火箭。

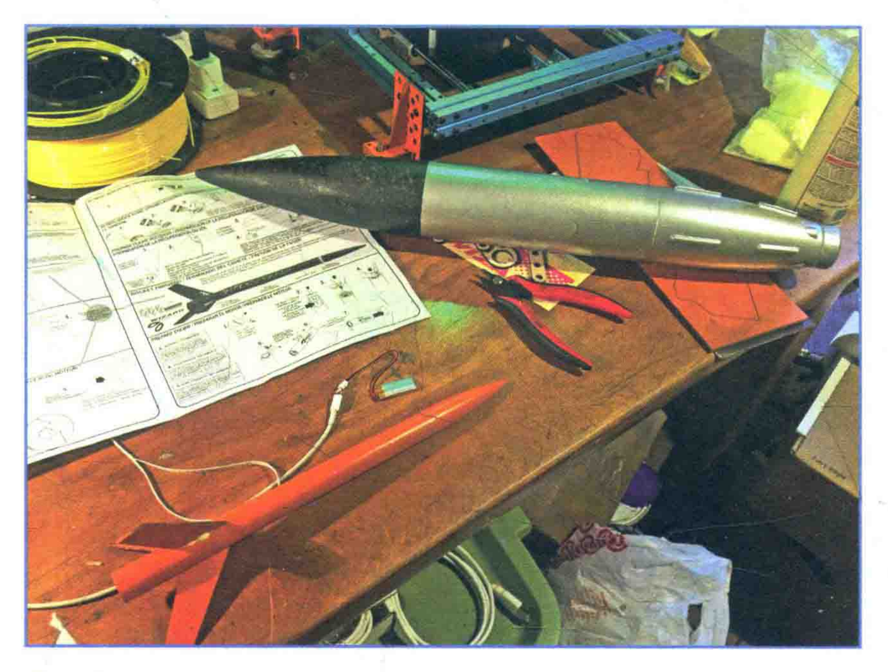


图 5.13 组装火箭，然后上漆！

2. 将 Arduino 插入面包板，如图 5.14 所示。
3. 插入数据记录仪模块并接线，如图 5.15 所示。VCC 插入 Arduino 上的 5V 引脚，BLK 插入 Micro 的地线引脚（注意，数据记录仪有 GND 和 BLK 引脚，但是不要连接 GND!）。最后，将 OpenLog 的 RXI 引脚和 Arduino 的 TX 引脚相连。

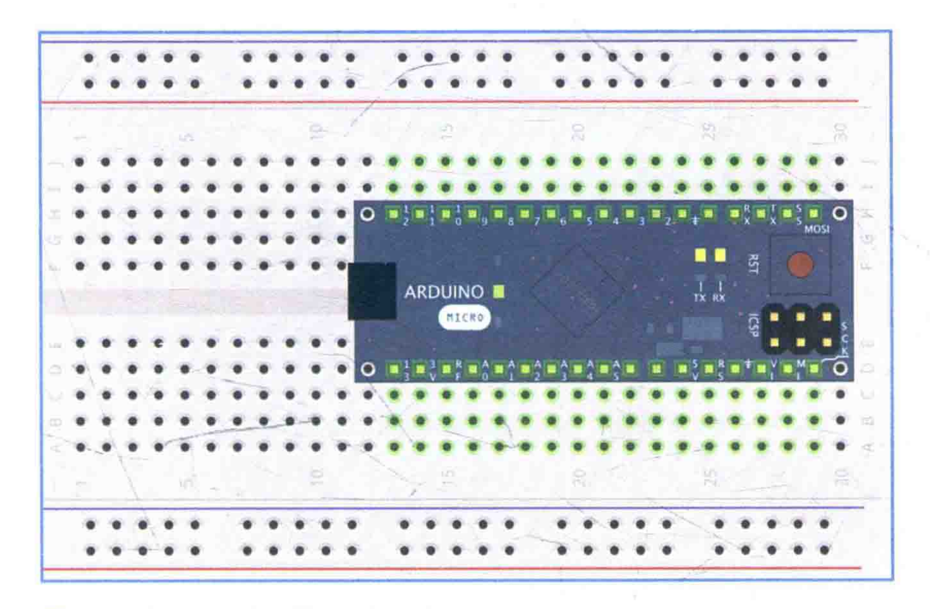


图 5.14 将 Micro 的引脚插入面包板

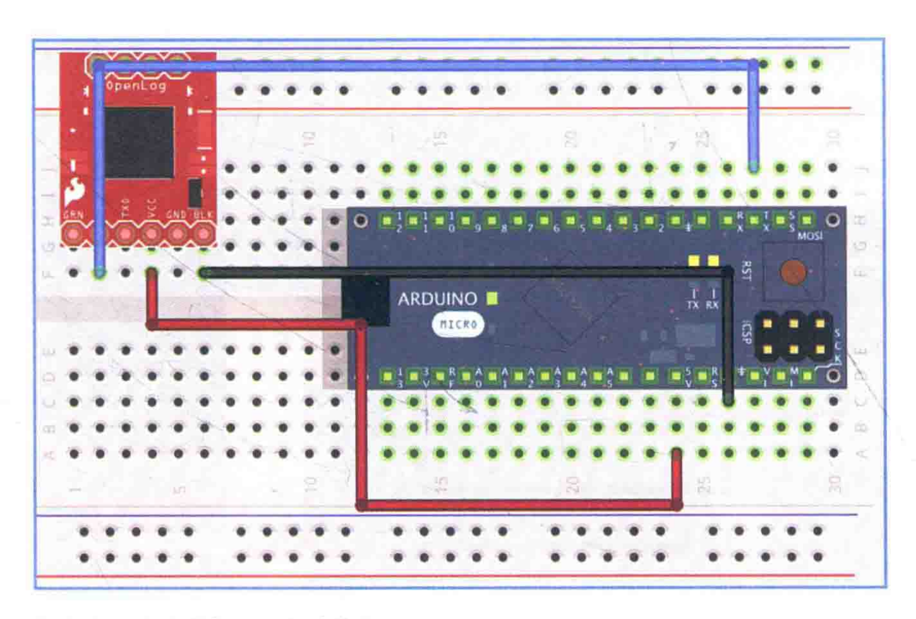


图 5.15 安装数据记录仪并接线

4. 插入高度计，如图 5.16 所示。OpenLog 上的 SDA 连接到 Micro 的第 2 引脚，如黄线所示。OpenLog 上的 SCL（绿色线）连接到第 3 引脚。电源和底线如图连接。

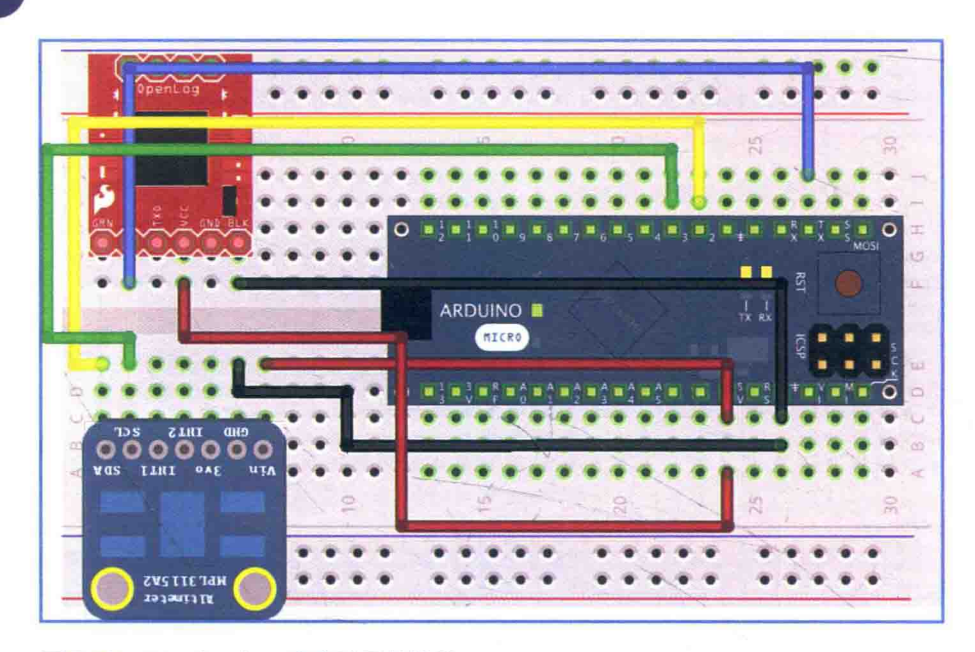


图 5.16 下一步，加入高度计及其接线

5. 添加电池。电极插入 Micro 上标记为 VI（输入电压）的引脚和地线，如图 5.17 所示。

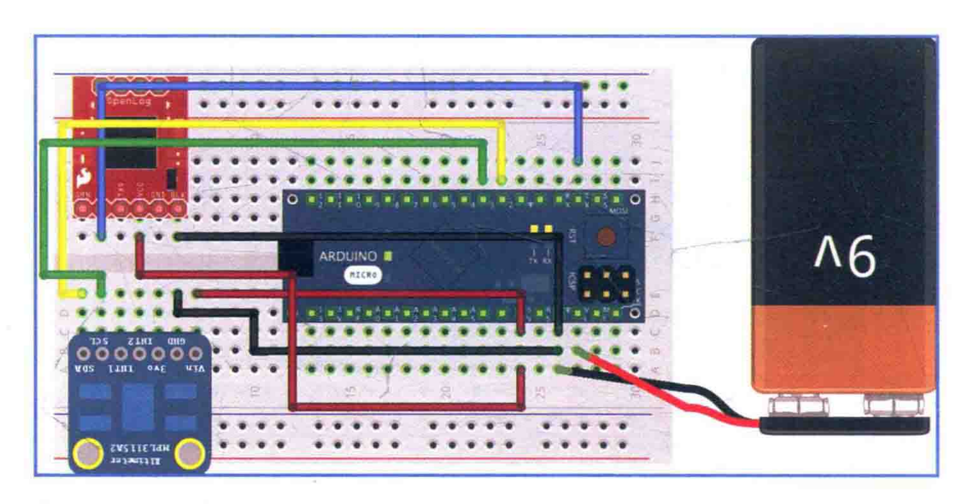


图 5.17 连接电池的电极，为项目供电

6. 加载来自示例的 Arduino 素描，将其上传到 Arduino，如图 5.18 所示。我将在下一节详细描述这一步骤。

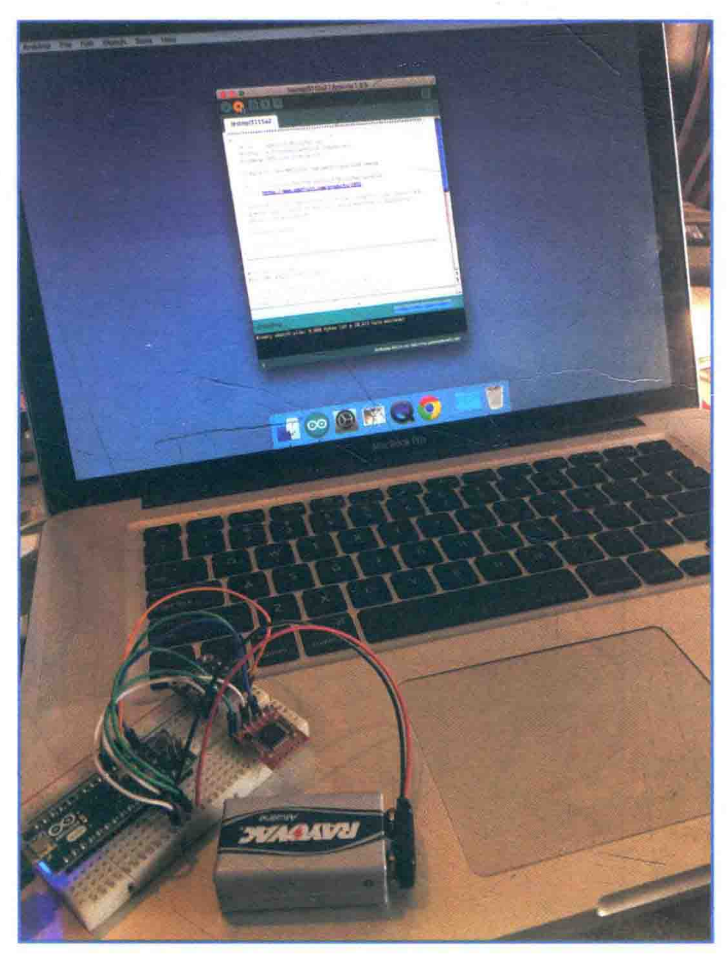


图 5.18 将素描上传到 Arduino

7. 加入载荷，注意不要破坏火箭的平衡（见图 5.19）。我的解决方案是切开头锥，用热熔胶粘合面包板。
8. 做好发射准备，打开电源开关或者插入电池（见图 5.20）给 Arduino 供电。Arduino 获取高度计读数并记录到数据记录仪，并将持续到电池耗尽或者断开。
9. 目录恢复之后，关闭 Arduino 电源，将卡插入读卡器查看文件。

5.3.3 载荷编程

听我的话没错，本例中所有的代码很简单。你所需要的只是来自 Adafruit MPL3115A2 加速计的示例素描。数据记录仪可以无缝地使用它，

你不需要更改任何代码。下面是具体的步骤。

1. 从 https://github.com/adafruit/Adafruit_MPL3115A2_Library 下载 MPL3115 A2 库。库是保存在和主素描不同文件中的附加代码，可以保持代码的清晰和简洁。单击屏幕右侧的 Download ZIP 按钮。



图 5.19 为火箭增加载荷

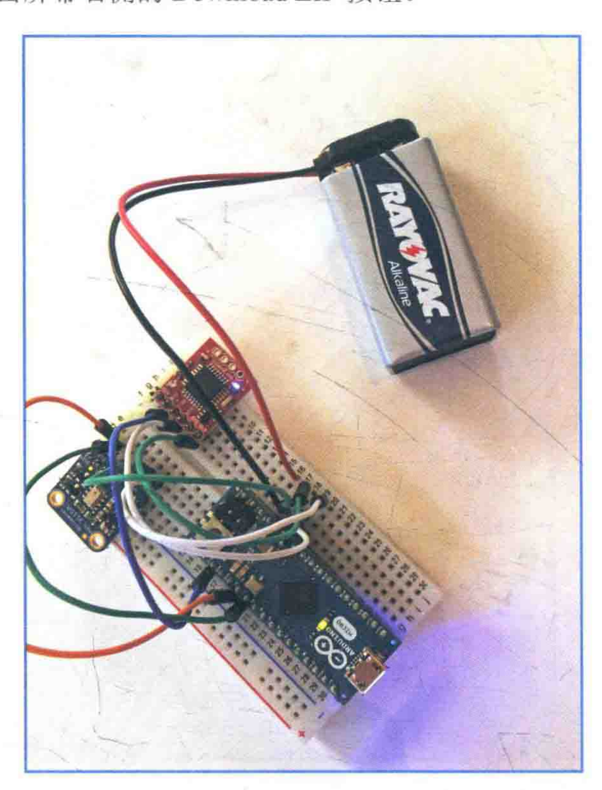


图 5.20 启动 Arduino 电源，开始记录数据

2. 按照 http://arduino.cc/en/Reference/Libraries 上的指导安装库。过程相当简单：在你的计算机上打开 Arduino 文件夹，找到 Libraries 子目录。解压 Adafruit 库（根据你的操作系统，可能需要重命名文件夹）并将文件夹放在 Arduino 的 Libraries 文件夹中。
3. 重启 Arduino 软件，在 File → Examples 下找到 testmpl3115a2 素描。但是，我们要看看代码，确保知道它做了什么。

```
//these are the libraries you need in order to run this sketch. The
Wire.h one comes with Arduino so don't worry about it.

#include <Wire.h>

#include <Adafruit_MPL3115A2.h>
```

```
Adafruit_MPL3115A2 baro = Adafruit_MPL3115A2();

void setup() {

//the next two lines establish the serial connection and begin with
a test message.
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Adafruit_MPL3115A2 test!");
}

void loop() {
//this loop runs indefinitely as long as the Arduino is getting power.

  if (! baro.begin()) {
    Serial.println("Couldnt find sensor");
    return;
  }

//the altimeter takes a barometric reading
  float pascals = baro.getPressure();
  / Serial.print(pascals/3377); Serial.println(" Inches (Hg)");

//the altimeter determines altitude
  float altm = baro.getAltitude();
  Serial.print(altm); Serial.println(" meters");
//the altimeter has a little temperature sensor in it. Why not?
  float tempC = baro.getTemperature();
  Serial.print(tempC); Serial.println("*C");

  delay(250);
}
```

5.4 小结

本章内容很令人兴奋，我们制作了一枚火箭无人机，在发射期间可以记录其高度和加速度。在第 6 章中，我们将继续本书的主项目——四轴直升机，选择马达和推进器，将其加入已经制作的底盘。



制作四轴直升机II：马达和推进器

在四轴直升机项目的下一步，你将处理马达和推进器。我将指导你选择这两种设备，然后将选择的部件加入正在制作的无人机。在第4章中，我说明了如何用MakerBeam制作机身。加入马达、推进器和两者的安装零件之后，我们就向升空迈出了一大步。

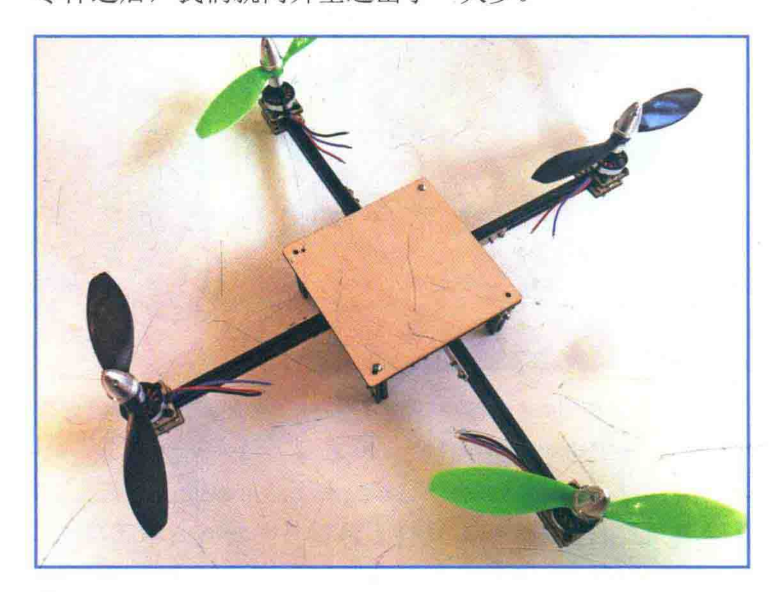


图6.1 在本章，你将在四轴直升机中加入马达和推进器

6.1 选择马达

购买四轴直升机马达时，有几十种（甚至几百种）型号可以选择。但是，直流马达有许多分类方法。我们来研究一下这些选择。

6.1.1 外转式和内转式

在无线电控制（RC）世界中，你经常会看到外转式和内转式这两个术语。它们指的是马达外壳的物理设计。外转式（见图6.2）马达旋转整个外壳；没有一般意义上的转子，而是将推进器固定在外壳上。四轴直升机往往使用外转式，这是因为它们有能力很好地推动大型推进器。外转式马达的缺点是几乎都不带齿轮箱，因而限制了为项目调整合适的速度和扭矩的能力。

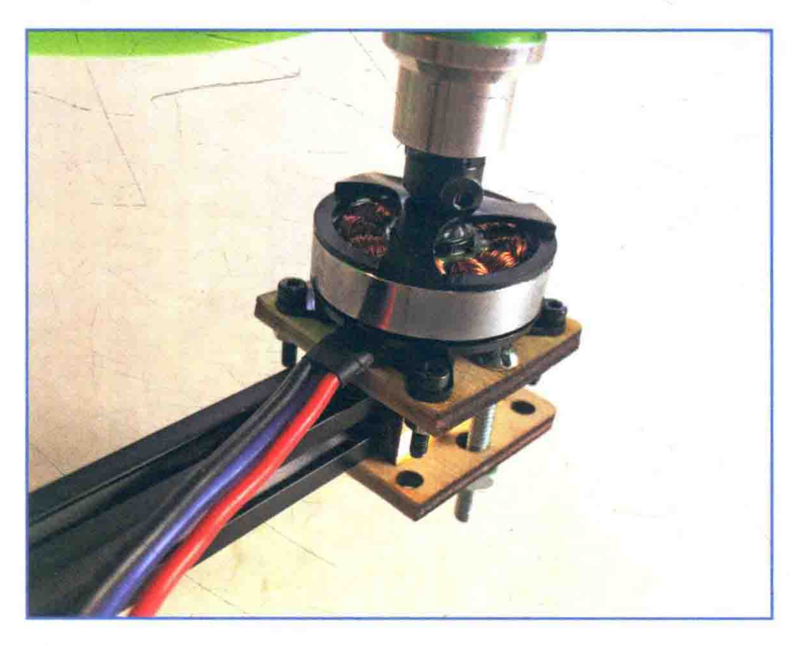


图6.2 外转式马达有一个固定的底座，整个外壳围绕它旋转

内转式马达是经典的设计，也是我们听到马达一词时所想到的设计——一圈电磁铁转动一根铁杆。内转式马达通常配备一个变速箱，你很容易选择每分钟转速（RPM）和扭矩。

6.1.2 有电刷式和无电刷式

在购买马达时，很可能碰到这两个名词。它们指的是马达中的线圈获得能量的方式。有刷式马达使用小型金属电刷接触环绕转子（马达中转动的部分）的线圈。无刷式马达的线圈是静止的，不需要电刷。

两种马达各有优势。无电刷马达散热更好，因而可以做得更紧凑。另一方面，它们不能“即插即用”，需要相对复杂的控制系统。相反，老式

的电刷式马达（见图 6.3）可以只依靠电池运转，不需要控制器。有电刷式马达的缺点是电刷会老化。

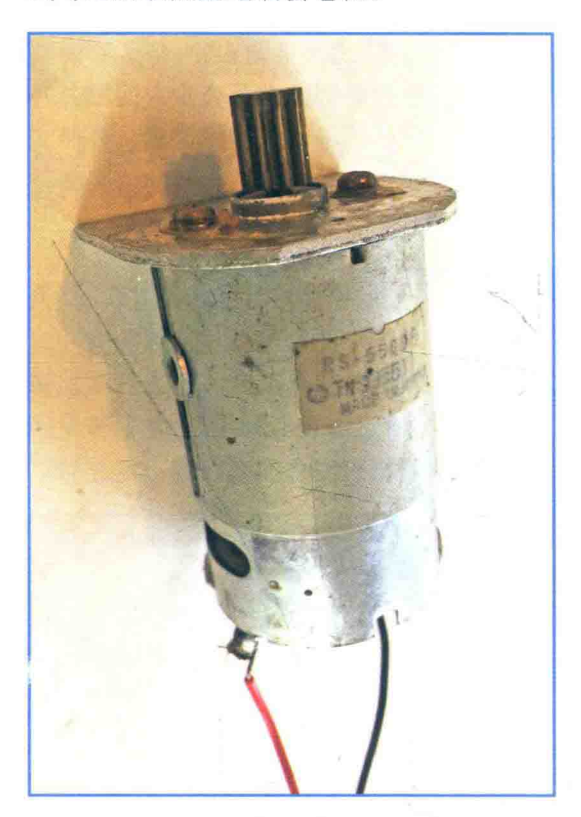


图 6.3 有电刷马达可从其两根电极辨认

6.1.3 交流和直流

你知道交流和直流的差别，对吗？交流电最常用于家用插座，但是有些爱好者的电气装置也使用交流电。最重要的是，许多无人机马达是交流马达。相反，电池和大部分电子传感器和其他模块使用的则是直流电（DC）。

需要了解这一点的主要原因是，你必须匹配 ESC（电子调速器）和马达。如果使用图 6.4 所示的交流马达，就需要使用交流 ESC。还不了解 ESC ？不用担心，第 8 章会告诉你。

你可能觉得奇怪，直流电池如何驱动交流马达？答案是，ESC 带有逆变器，将电池的直流电变成三相信号，告诉马达以多高的速度旋转。

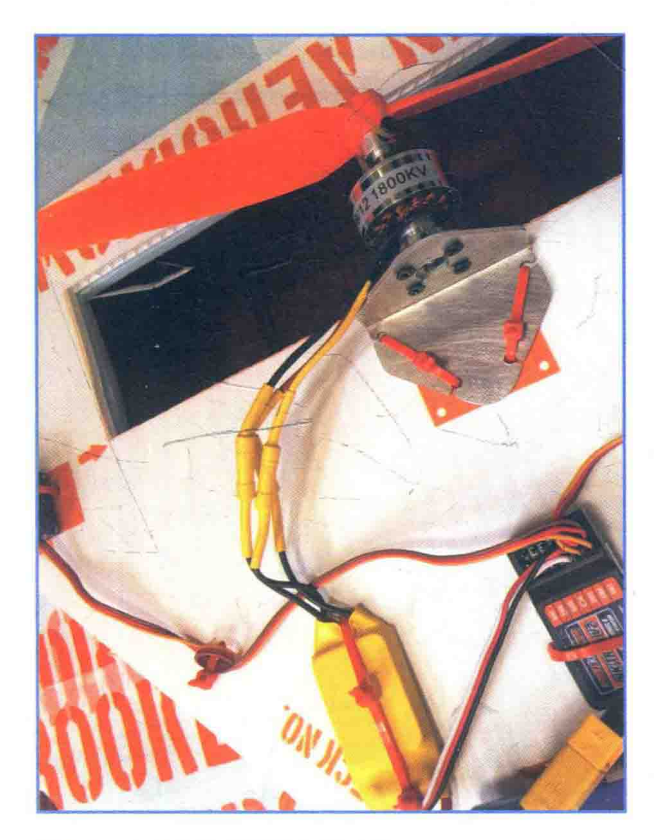


图 6.4 交流马达和匹配的调速器

6.2 选择推进器

推进器价格低廉且经常断裂，所以有很多机会尝试不同的类型，与此同时，下面是选择四轴直升机推进器的一些基本技巧。

- 推进器按照直径和节距计量。节距指的是推进器叶片的角度。在本书中，我使用的推进器规格是 7×3.8。
- 你常常会遇到成组销售的两类推进器，即常规和“推式”推进器，如图 6.5 所示。“推式”推进器逆时针转动，而常规推进器顺时针转动。逆时针转动帮助四轴直升机保持稳定。
- 一定要购买用于慢飞电动飞机（如四轴直升机）的慢飞式推进器。用于快速飞机的则是较小的推进器。
- 应该为两个相邻的推进器选择不同的颜色，这能够帮助你辨别四轴直

升机的正面，对操纵有利！令人困惑的是，许多推式推进器使用不同颜色，这毫无帮助，因为它们相互以对角线安装。

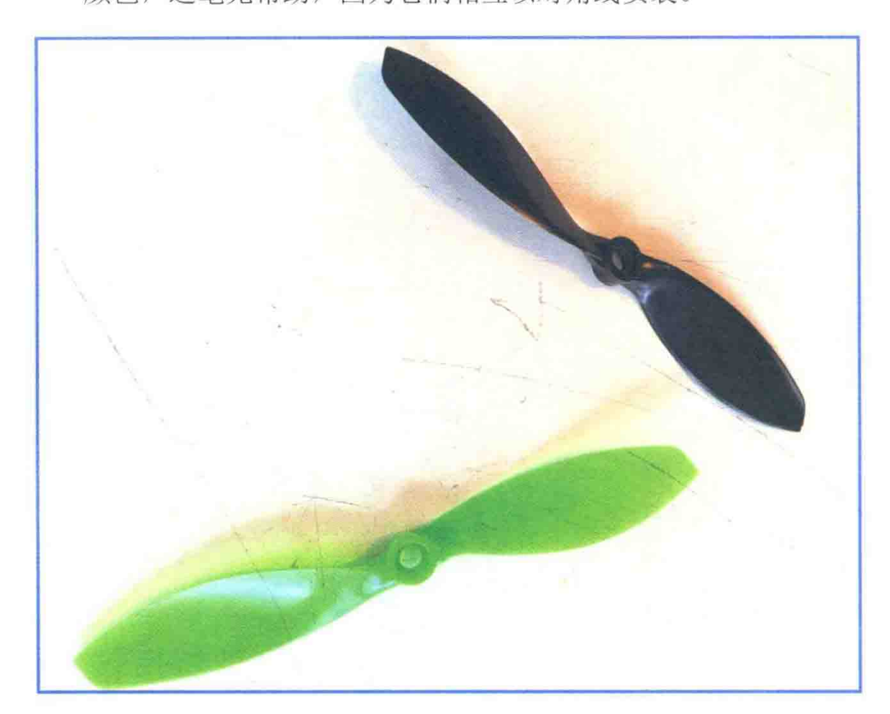


图 6.5 常规和推式推进器的旋转方向相反

6.2.1 推进器适配器

选择推进器时，另一方面的问题是，如何安装它们？你往往发现推进器搭配销售对应类型的适配器，但是一定要根据五金配件选择合适的推进器，为马达选择合适的五金配件。最重要的是转子直径，所以在购买之前仔细检查。

但是，在购买第一件产品之前，一定要知道推进器和马达的连接有两种主要思路：筒夹和推进器保护器。

- 筒夹是锥形的金属夹具，如图 6.7 所示。这些适配器非常牢固，可以肯定推进器不会脱出马达轴。令人吃惊的是，这却不一定是好事！四轴直升机总是折断推进器。想象一下，推进器是快速旋转的薄塑料片。如果推进器撞到人行道或者墙壁，它就会断裂。许多户外无人机飞行就是因为推进器消耗完而草草结束的！本书中的四轴直升机项目使用筒夹。

- 推进器保护器（见图 6.6）是另一种固定推进器的方法——正如其名，这种思路是避免在坠机时损坏太多的推进器。它的工作原理是只用一根橡皮筋固定推进器，依靠摩擦力和加速度保持固定。但是，如果四轴直升机坠落，推进器就会脱出，可以重新固定。如果采用这个办法，需要很多备用的橡皮筋，在每次飞行之前一定要检查推进器。



图 6.6 推进器适配器将推进器连接到马达

6.3 项目3：连接推进器和马达

在四轴直升机项目的下一部分中，你将加入马达和推进器，如图 6.7 所示。四轴直升机的每根连杆上都要有一个马达、一个推进器和固定用的五金件。不再啰嗦，让我们开始动手吧。



图 6.7 将马达和推进器固定到四轴直升机上

6.3.1 零件

项目的这一步只需要少数零件。

- **4 个马达**——我使用 Hobby King 1400kV 无电刷马达（P/N 2205C-1400）。
- **4 个推进器**——我使用 7×3.8 Turnigy 慢飞式电动推进器（Hobbyking.com; P/N9329000203-0）。还应该有两个推式推进器（P/N 9329000206-0）。
- **4 个推进器适配器**——使用 Hobby King 筒夹式 3 毫米转子推进器适配器（Hobbyking.com; P/N GON-D3T6）。
- **安装板**——你可以用激光切割出我设计的安装板（http://www.thingiverse.com/jwb/designs）或者用 3D 打印机打印等同的接线片（http://www.thingiverse.com/thing:198878）。激光切割的安装板可以使用 1/8 英寸胶合板，用 4 号螺丝（0.75 英寸）和螺母进行固定。

6.3.2 连接推进器和马达的步骤

按照如下步骤，将马达和推进器固定在四轴直升机机身上。

1. 打印或者激光切割马达支架。在零件清单中，我提到了两种制作马达支架的方法。因为我的 3D 打印机在进行这一步骤时无法工作，所以决定采用激光切割。在图 6.8 中可以看到我的作品。如果你无法使用激光切割机，建议用 1/8 英寸胶合板，切割并钻孔以匹配激光切割的样式。最后，可以从网上购买马达支架——只要确定它们与 1 厘米的横梁兼容。

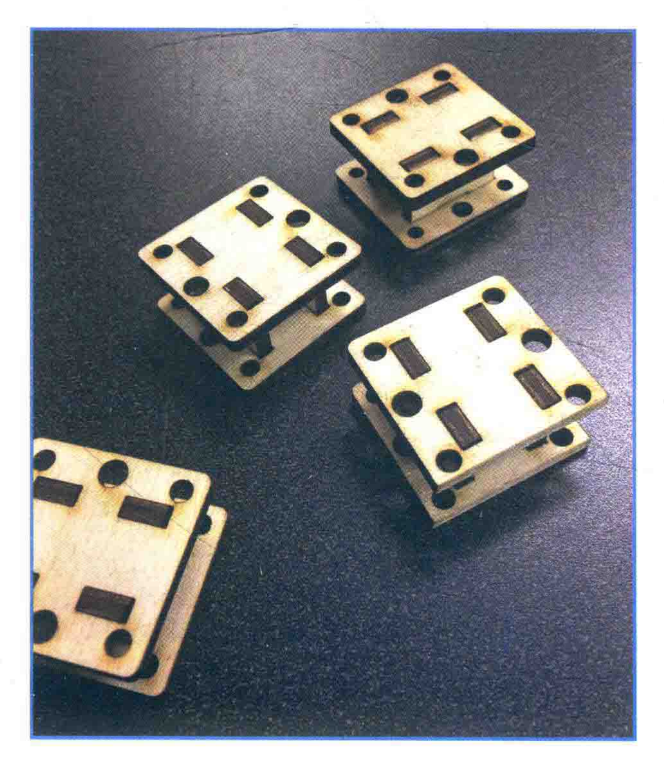


图 6.8 用激光切割机切割马达支架

2. 将马达支架固定在连杆上，如图 6.9 所示。我用 4 号螺丝将木制零件固定在一起。如果需要更多的摩擦力，可以尝试在木材和金属之间缠上一块双面胶。
3. 用 M2 螺丝和螺母将马达固定在支架上，如图 6.10 所示。如果没有办法买到防松螺母，一定要使用螺纹锁固方案固定马达。

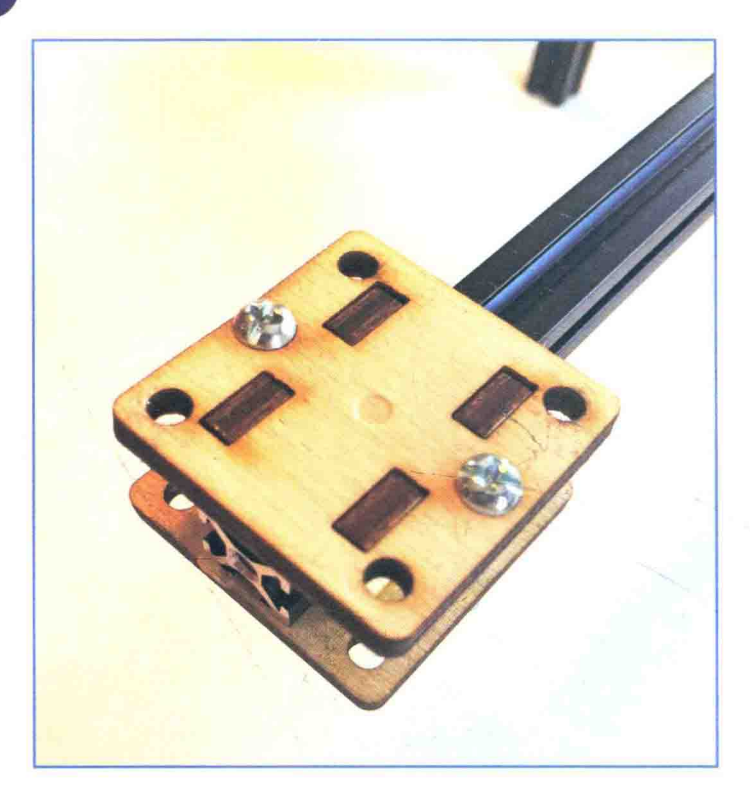


图 6.9 将马达支架固定到连杆上

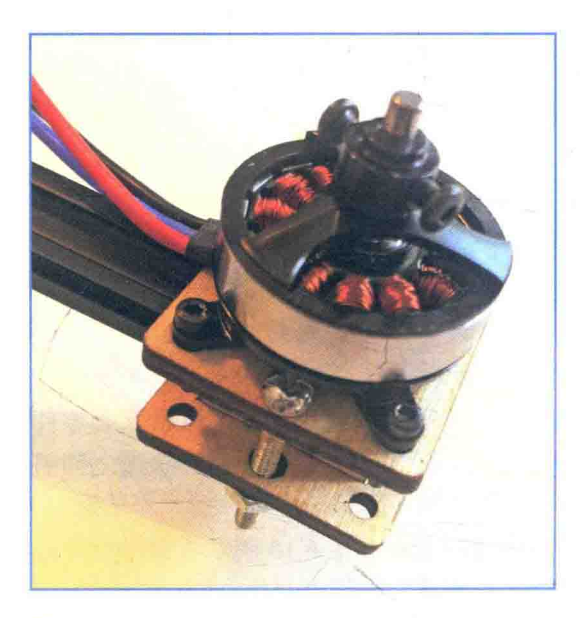


图 6.10 将马达固定在支架上

4. 用推进器适配器将推进器连接到马达。在图 6.11 中可以看到做法。你所需要做的是将推进器锁在五金件上，同时将适配器的母端固定在马达轮毂上。锁紧直到感觉牢固，但是不要太紧，确保在推进器折断时不会难以拆下。一定要使用合适的推进器，两个推式推进器相互对着，两个常规推进器也相互对着。

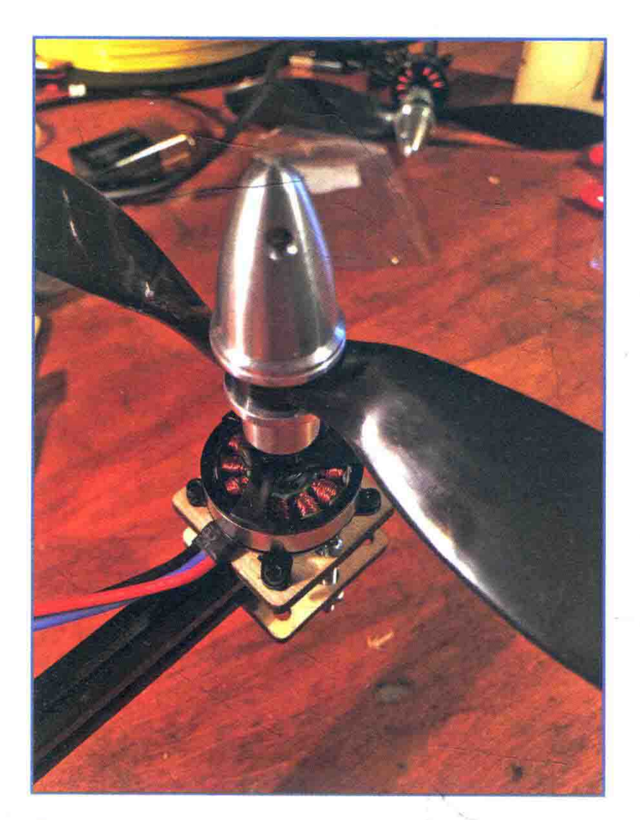


图 6.11 固定推进器

6.4 小结

我们在四轴直升机项目上已经取得了非常重要的进展，学习了马达和推进器并将其加入无人机的底盘。第 7 章中，我们将用玩具气球、一对马达和一个伺服马达制作无人机，并使用两种不同的控制方式，检验本章中学到的知识。

7

无人飞艇项目

在本章中，你将了解无线电控制（RC）技术，这种技术帮助你用无线手持控制器远程操纵交通工具模型。此后，你将制作使用RC装置飞行的无人飞艇（见图7.1）。最后，我将介绍如何使用Arduino作为飞艇的大脑，实现自主飞行。



图7.1 在本章你将制作一艘无人飞艇

7.1 无线电控制

典型的RC装置包括3个主要控制部件：发射机、接收机和每个马达的调速器。我们分别来研究一下。

7.1.1 发射机

RC 装置包含一个手持控制器（见图 7.2），控制器内有一部向模型发送信号的发射机。控制部件有控制杆和开关等。利用这个控制器，可以操纵模型、调整速度和襟翼、开启伺服机构，等等。



图 7.2 Hobby King 之类的廉价发射机是很好的 RC 入门产品

当然，不是每部发射机都一样。发烧友们追逐数千美元的设备，这些设备可能不值那么多钱，但是外观十分吸引人。

较实用的高端发射机有更好的特性，包括更多的通道（可控制的马达或者其他动力部件的数量）和漂亮的附件（如液晶屏和大型天线）。

但是，大部分时候都不需要花费很多钱购买四轴直升机的操纵部件。基本型的发射机和接收机套装价格远低于 25 美元。

7.1.2 接收机

模型需要一部接收机以监听无线信号并加以解释。典型的低端接收机如图 7.3 所示，包含一系列控制马达的触点、为接收机逻辑电路提供电源的输入端以及接收信号的某种天线。

如前所述，你常常会发现接收机和发射机是配套的，原因很明显：不需要修补！可以肯定购买的套装能开箱即用。接收机通过信号频率（如 2.4GHz）、通道数和天线样式区分。不消说，这些指标都应该与使用的发射机匹配。

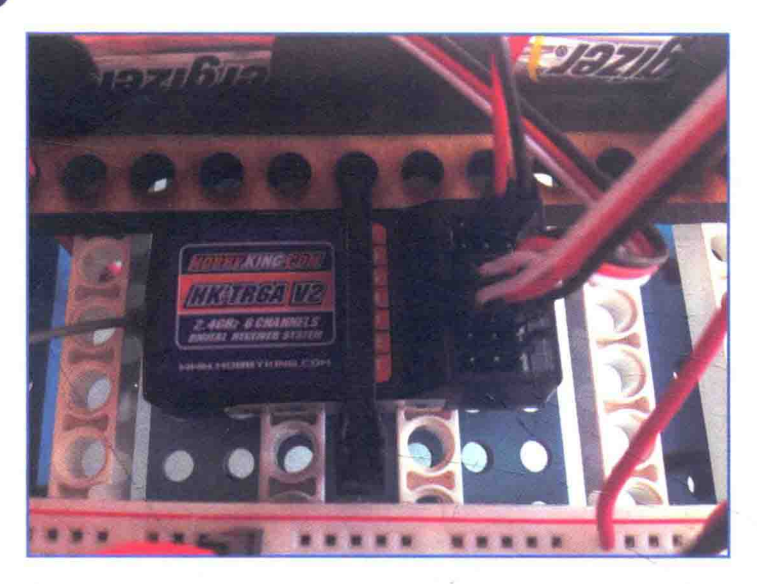


图 7.3 Hobby King 接收机解释来自发射机的信号

7.2 ESC（电子调速器）

接收机的输出电压很低，无法驱动马达，所以它用于触发 ESC（见图 7.4），ESC 控制电池的整个电压范围。此外，ESC 往往拥有一个微芯片，其中编程了某些动作，例如刹车、油门范围，以及慢速启动，以避免四轴直升机在马达上电时损毁。

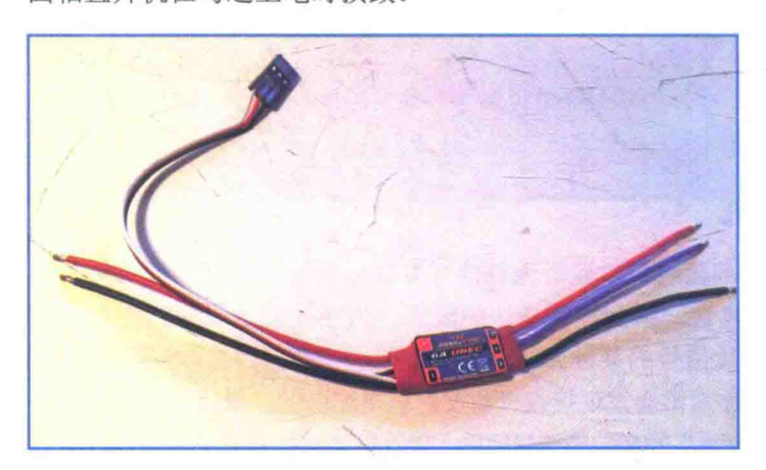


图 7.4 ESC 在接收机的帮助下控制马达

选择 ESC 时，要选择适合于所用马达的额定电流——一般的原则是稍微超过马达的最高额定电流。同样，一定要选择合适于马达类型的 ESC，注意交流 / 直流和有电刷 / 无电刷。

7.3 项目4：无人飞艇

本章的项目是一艘无人飞艇（见图 7.5），使用聚酯薄膜气球将木制内舱提升到空中。内舱包含一对由伺服机构控制角度的推进器，它们使用 RC 或者 Arduino 控制。



图 7.5 这艘无人飞艇使用气球将自身提升到空中

7.3.1 零件

制作无人飞艇需要如下零件。注意，马达、推进器、五金件和第 6 章中使用的一样。

- **两部马达**——我使用 Hobby King 1400kV 无电刷马达（P/N 2205C-1400）。
- **两个推进器适配器**——使用 Hobby King 筒夹式 3 毫米转子推进器适

配器（P/NGON-D3T6）。

- **两个推进器**——使用 7×3.8 Turnigy 慢飞式电动推进器，一个是常规推进器，另一个是推式推进器（Hobbyking.com; P/N 9329000203-0 和 9329000206-0）。
- **两个 Mx10 六角螺丝，用于固定马达（Hobbyking.com; P/N HA0506）**——还需要六角螺母（P/N OR017-01001-M2）。
- **伺服机构**——我使用 Hitec HS322HD 伺服机构（(Jameco.com; P/N 395760)
- **伺服臂**——我使用 Acrobatics 单侧伺服臂（P/N 525116）。
- **伺服压铆螺母柱**——使用 1 英寸母对母 6 号压铆螺母柱（Allelectronics.com; P/NSP-263）。还需要 #6-32 螺丝固定它们。
- **正时皮带**——Adafruit.com 有售（P/N 1184）。
- **束线带**——随处可以找到！
- **激光切割内舱**——欢迎下载使用我的设计（http://www.thingiverse.com/jwb）。为了达到最优效果，可以使用亚克力、1/8 英寸桦木或者其他类似的轻质材料。
- **木钉（0.25 英寸）**——使用长度大约为 18 英寸（46 厘米）的木钉。
- **氦气球**——我使用 24 英寸（61 厘米）Qualatex 气球，因为它的气体容积很大。
- **RC 发射机和接收机套装**——访问 Hobbyking.com（P/N HK-T6A-M2）。
- **两部 ESC**——使用 6A Hobby King ESC（Hobbyking.com; P/N 261000001）。
- **电池**——使用 Turnigy 纳米技术锂电池，额定容量 460 毫安时（Hobbyking.com;P/N N460.3S.25）。

7.3.2 Arduino 零件

如果你想使用 Arduino 控制飞艇，需要用下面的零件代替 RC 发射机和接收机。

- **Arduino UNO 或 Micro**——我在第 5 章中使用了 Micro，但是 UNO 更常见。在项目说明中，我将告诉你如何使用这两种开发板。
- **两个超声波传感器**——我使用 PING 兼容传感器（Jameco.com; P/N 2206168）。
- **跳线**——我使用 Sparkfun.com 提供的跳线（P/N 11026）。

7.3.3 步骤

按照以下步骤制作飞艇。

1. 组装内舱，如图 7.6 所示。我用激光切割机在 1/8 英寸桦木上切割零件，然后用胶水和夹具固定两件。但是，你不需要非用这些东西，任何轻质的内舱材料都可以。
2. 添加轮轴。将木钉穿过内舱，两侧大约各露出 6 英寸（15.24 厘米）。用木胶将木制垫圈（激光切割设计的一部分）固定在木钉上，图 7.7 中可以看到垫圈的样子。

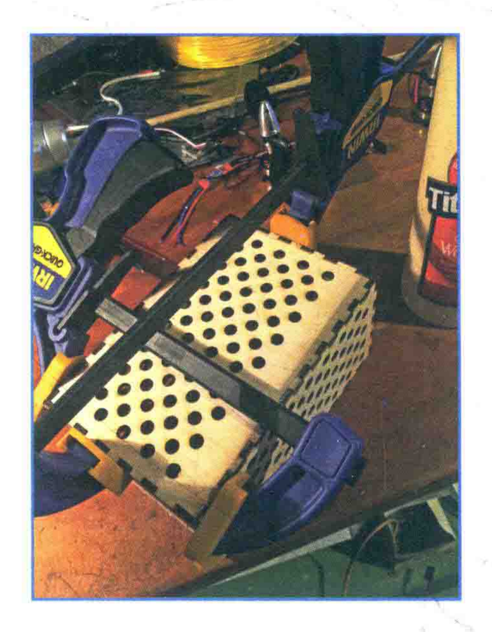




图 7.6 组装、粘合和夹紧机身

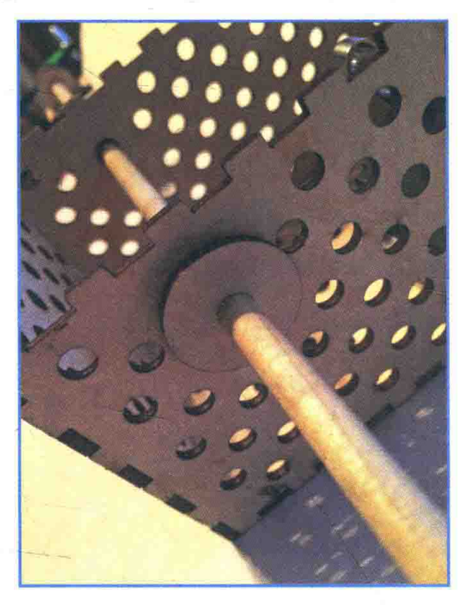


图 7.7 使用木制垫圈固定木钉

3. 在木制垫圈干燥的同时，组装并粘合马达支架。在图 7.8 中可以看到一个支架——两部马达各需要一个支架。
4. 胶水干了之后，将马达支架插入木钉并用胶水固定，如图 7.9 所示。马达支架当然应该朝向同一方向。

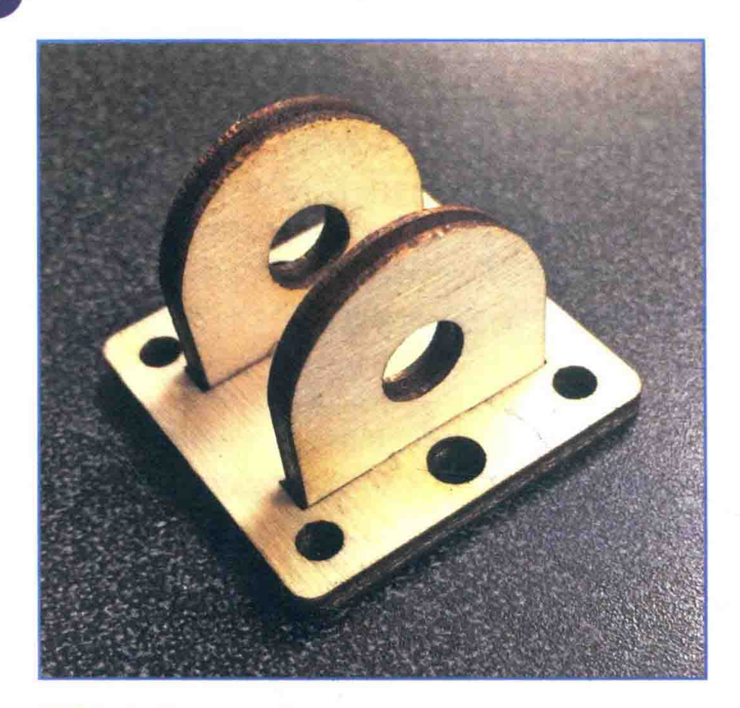


图 7.8 组装和粘合马达支架

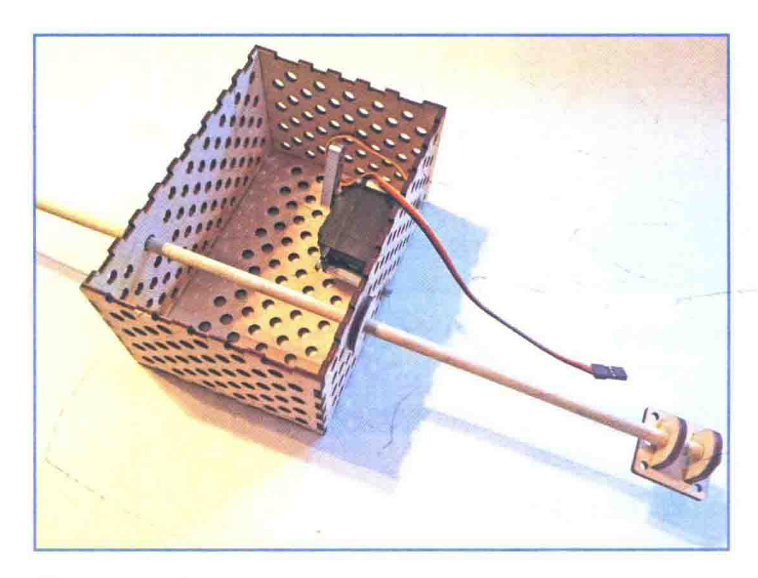


图 7.9 用胶水固定马达支架

5. 在马达支架干燥时，用 6 号压铆螺丝柱及五金件安装伺服机构。与此同时，用伺服机构自带的固定螺丝安装伺服臂。图 7.10 展示了外观。

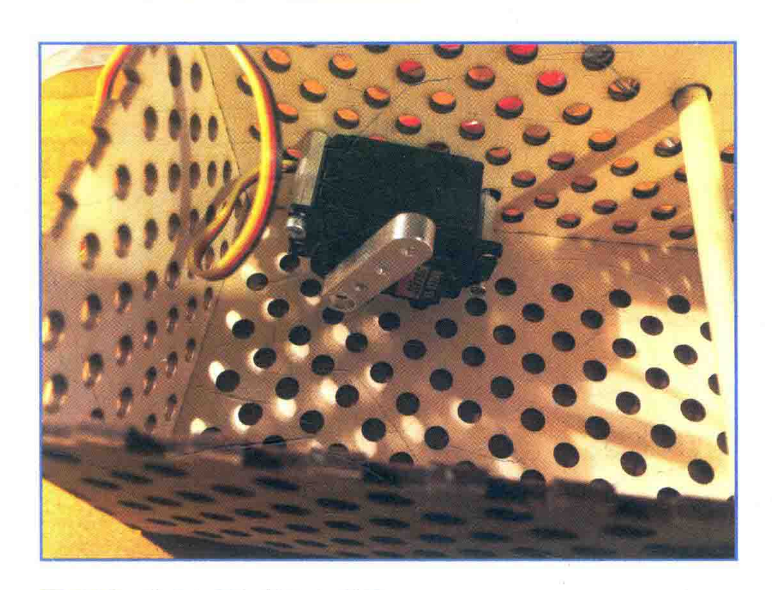


图 7.10 安装伺服机构和伺服臂

6. 用 M2 螺丝和螺母将马达固定在安装板上。你可能想用某种螺纹锁固方案或者防松螺丝固定这些螺丝。一旦安装了马达，重力会使其旋转，面向正下方，如图 7.11 所示。

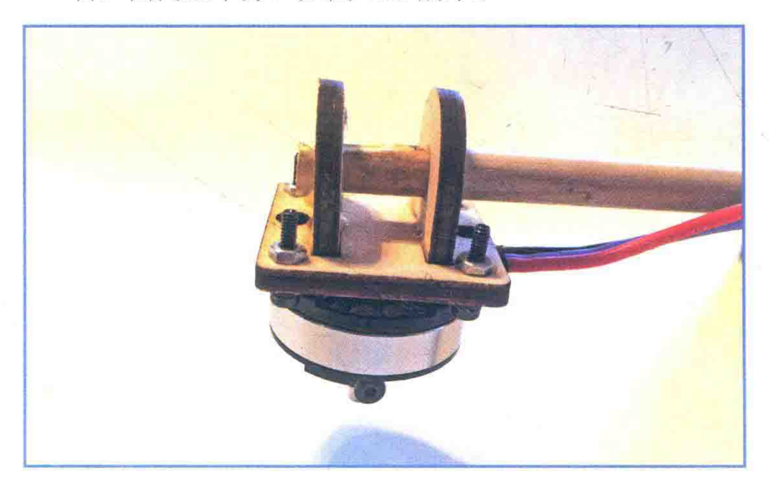


图 7.11 接下来，安装马达

7. 像第 6 章中那样，用推进器适配器固定推进器。完成这一步之后，制作的半成品应该如图 7.12 所示。

8. 固定 ESC，将它们捆扎在木钉上，如图 7.13 所示，红色和黑色的电源线指向内舱，红-蓝-黑线靠近马达。

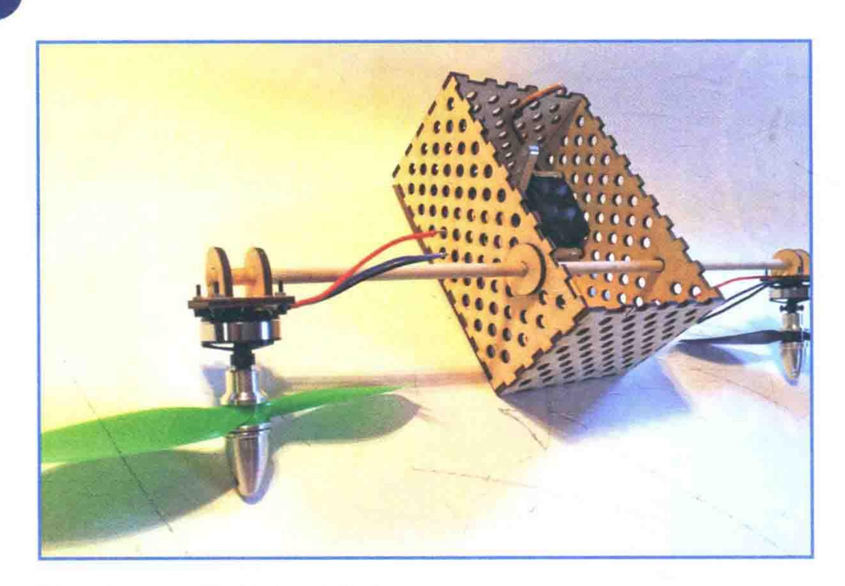


图 7.12　下一步是推进器和推进器适配器

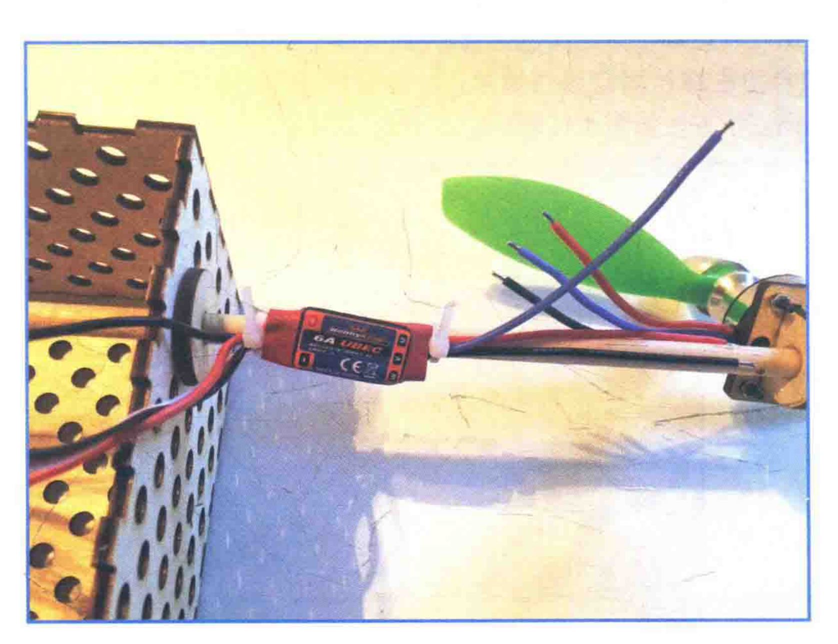


图 7.13　将 ESC 捆扎在木钉上

9. 使用束线带将锂电池固定在内舱上，如图 7.14 所示。
10. 用束线带将接收机连接到内舱，如图 7.15 所示。将接收机放在靠前的位置，以便靠近调速器。

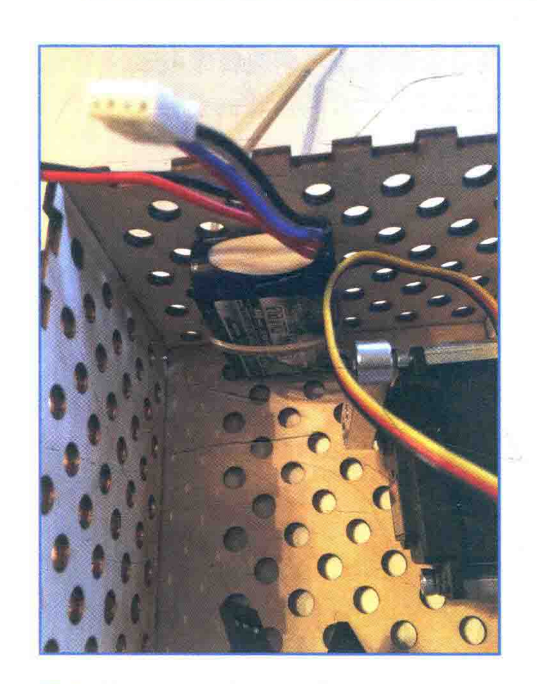


图 7.14 下一步用束线带固定电池

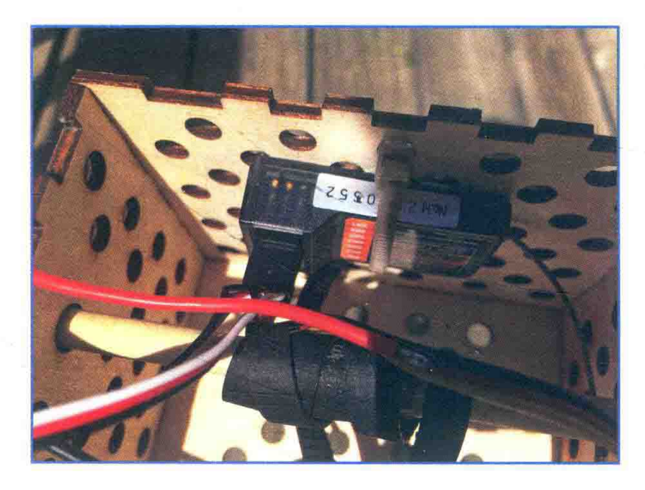


图 7.15 用束线带将接收机固定在内舱

11. 现在，我们制作伺服机构移动木钉的连接件。将一段正时皮带连接到木钉上，在它干了之后，在木钉上缠几圈以增加摩擦力。图 7.16 展示了我的做法——将皮带钉在木钉上，然后用热熔胶粘合。

12. 连接皮带之后，旋转木钉使其指向正下方。它们应该是这样的——感谢重力！然后，定位伺服臂，使其沿对角线方向向前倾斜，如

图 7.17 所示。用束线带将皮带的自由端捆扎在伺服臂末端的 4 号螺丝（1 英寸）上。这样，当伺服臂向后拉时，马达将向前倾斜，提供了推进飞艇的两个方向：向上和向前！



图 7.16 将正时皮带固定和粘合在木钉上，然后缠绕



图 7.17 用束线带将正时皮带捆扎在连接伺服臂的 4 号螺丝上

13. 接通所有电源!

a. 将红、蓝和黑色马达电线铰接在一起，与 ESC 上的电线匹配，图 7.18 说明了红线的接法。

如果想要学习更酷的电线固定方法，我将在第 10 章中说明插塞接头的工作原理。这种接头绝对是临时连接两根电线的最好方法。

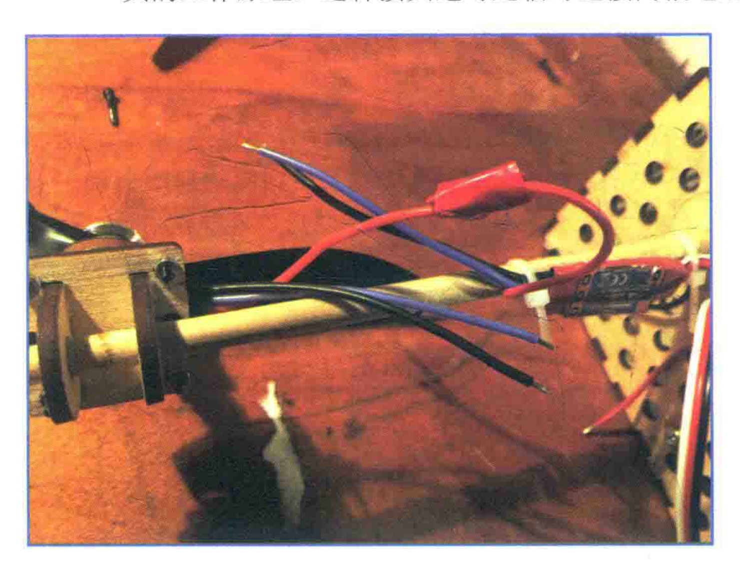


图 7.18 3 根马达电线连接到 ESC 上的对应电线

b. ESC 的另一端有一个三线插头和单独的红色和黑色电线。每个 ESC 的红色线插入电池的正极，两根黑线插入电池的地级。你必须将每对线拧成一根线，如图 7.19 所示。用电工胶带缠好暴露的电线。

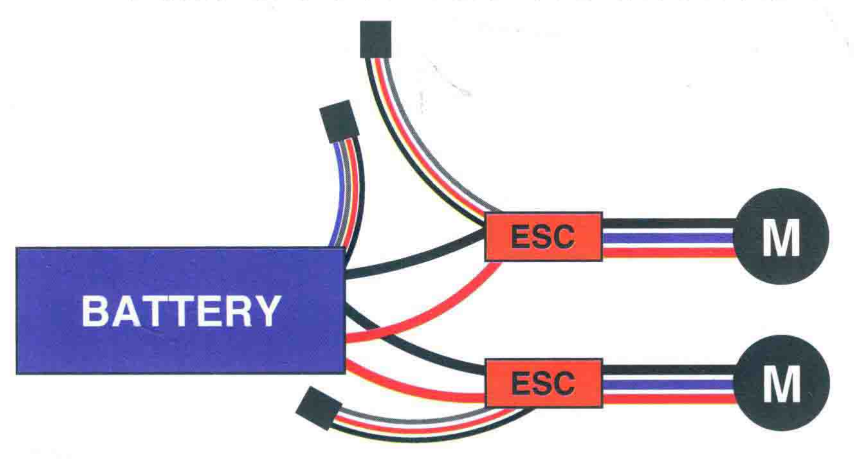


图 7.19 将 ESC 的两个接头连接到电池上的对应插头

我为这个项目选择的电池有两个 4 线充电插头和较粗壮的电源线和地线。

和前一步一样，在第 10 章中将介绍一种更好的做法——线束，这是一种用于四轴直升机的配电装置，用单个电池连接件为多部马达供电。

c. 将 ESC 上的三线插头插入接收机。黑色线接入天线对面的引脚。将它们插入第 2 通道和第 3 通道，同时连接伺服插头，将其插入第 6 通道。

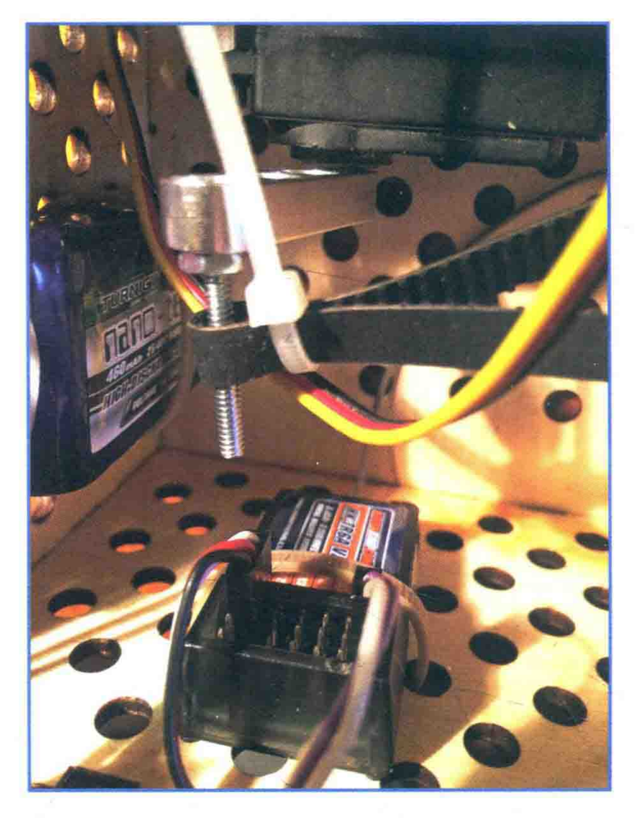


图 7.20 将 ESC 和伺服系统插入接收机

提示

较接实际上不是连接电线的好方法。在第 8 章中，我将介绍工业标准的接线插头——插塞接头。

7.4 用Arduino实现自主控制

我们将在内舱中加入一个 Arduino（见图 7.21）和一对超声波传感器，代替接收机。这些电子装置将帮助 Arduino 实现自主控制。

将内舱改为由 Arduino 操纵实际上非常简单。ESC 可以和 Arduino 的数字式引脚相连，实际上这和接收机承担相同的任务——只是没有无线电波！指令仅来自于程序。和往常一样，你必须首先为 ESC 编程，可以按照 ESC 的说明编程；也可以继续阅读第 8 章，其中我深入介绍了 ESC 的神秘之处。

无论如何，我们先来谈谈传感器。因为飞艇不能依靠你的眼睛避开障碍，所以需要有自己的眼睛。我们将安装一对 PING 兼容的超声波传感器——一个位置向前，搜寻飞艇前方的障碍；另一个传感器向下，使飞艇知道自己的高度。下面是安装步骤。

1. 用束线带将超声波传感器（图 7.21 中可以看到一个）固定在内舱——一个向下，一个向前。

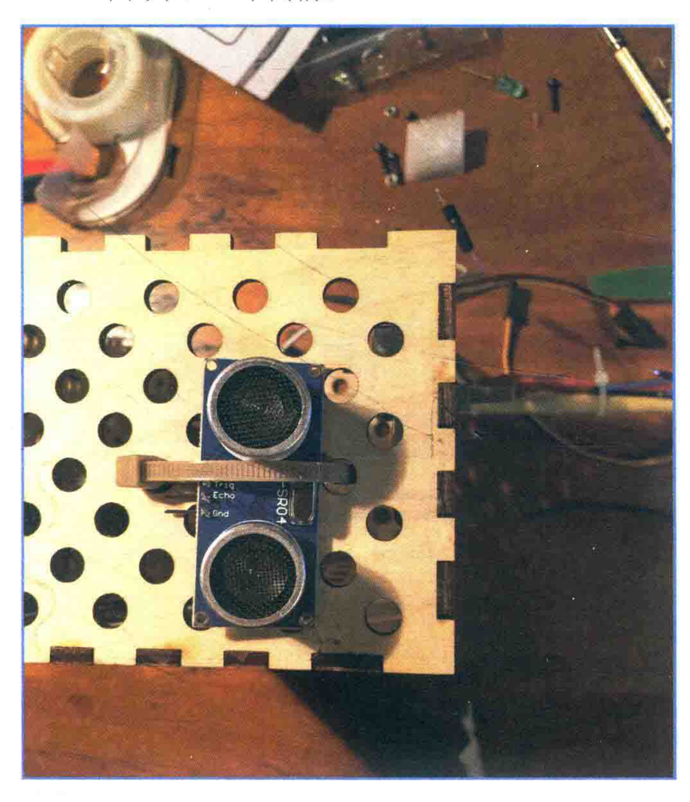


图 7.21 超声波传感器是飞艇的眼睛

2. 拉出接收机，代之以 Arduino，接线如图 7.22 所示。
   a. 将超声波传感器插入第 7 和第 8 引脚，地线插入 GND，VCC 引脚连接到 Arduino 的 5V 电源。
   b. 将 ESC 的数据线插入第 10 和第 11 引脚（接线图上标记为蓝绿色和粉红色）。
   c. 将伺服机构的数据线插入数字引脚 9，电源引脚连接到 Arduino 的 5V 电源，地线连接到 GND。

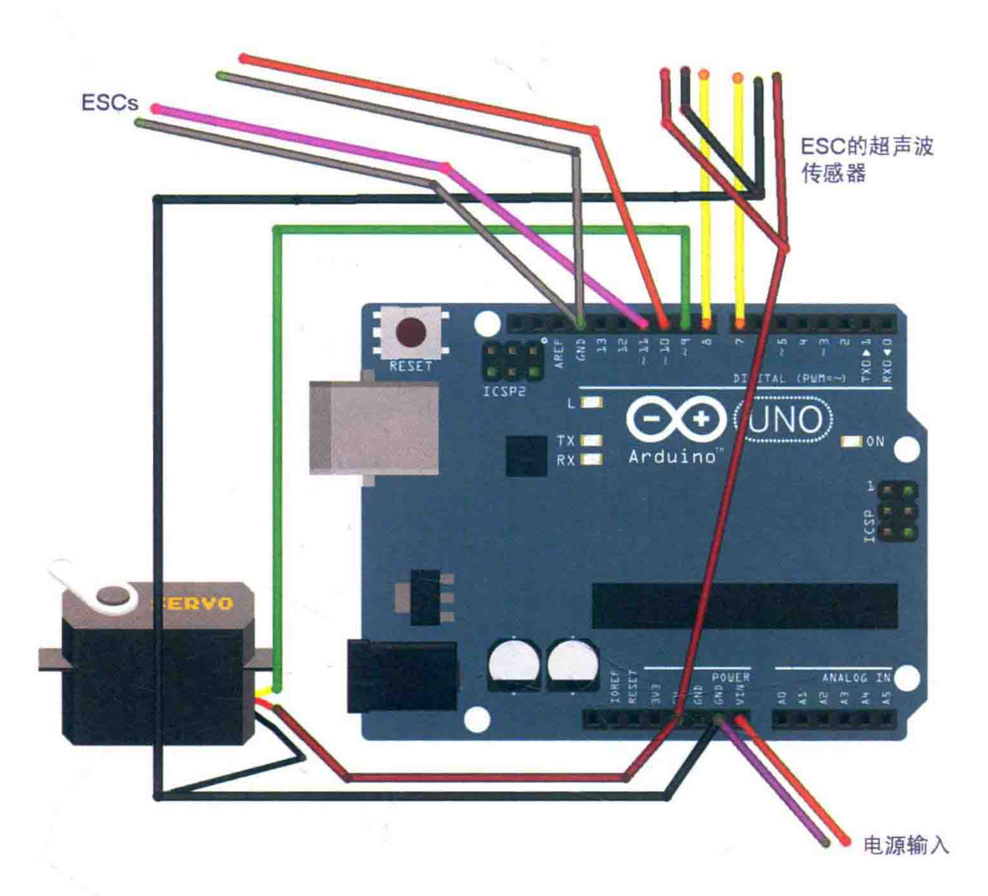


图 7.22 用 Arduino 代替接收机

7.4.1 代码

将如下代码上传到 Arduino，实现自主控制。注意，这段代码不复杂。

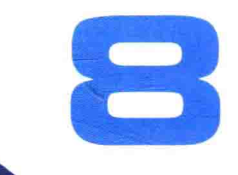
```
//This code is based on the PING ultrasonic sensor sketch by David A.
Mellis.
#include <Servo.h>
Servo leftESC, rightESC, axleServo;
const int usPin1 = 7; //belly ultrasonic
const int usPin2 = 8; //forward ultrasonic
long duration1, inches1, cm1;
long duration2, inches2, cm2;
void setup() {
  axleServo.attach(9);
  leftESC.attach(10);
  rightESC.attach(11);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  //let's declare variables and take a reading.
  pinMode(usPin1, OUTPUT);
  digitalWrite(usPin1, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(usPin1, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(usPin1, LOW);
  pinMode(pingPin1, INPUT);
  duration1 = pulseIn(usPin1, HIGH);
  cm1 = microsecondsToCentimeters(duration1);

  if (cm1 < 2000) //triggers when gondola drops below a 2-meter altitude.
  {
    axleServo.write(100); //turns the props so they're facing down;
adjust number as necessary
    delay(15);
    leftESC.write(100); //adjust amount as necessary for both ESCs.
    rightESC.write(100);
    delay(30);
    axleServo.write(100); //turns the props so they're facing forward
```

```
again; adjust number as necessary
      delay(1000);
   }
   //let's do the same for the other sensor
   pinMode(usPin2, OUTPUT);
   digitalWrite(usPin2, LOW);
   delayMicroseconds(2);
   digitalWrite(usPin2, HIGH);
   delayMicroseconds(5);
   digitalWrite(usPin2, LOW);
   pinMode(usPin2, INPUT);
   duration2 = pulseIn(usPin2, HIGH);
   cm2 = microsecondsToCentimeters(duration2);
   if (cm2 < 3000) //triggers when gondola approaches a wall to within
3 meters.
   {
      rightESC.write(100); //adjust number as necessary
      delay(100);
   }
}
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
   return microseconds / 29 / 2;
}
```

7.5 小结

在本章中，我们专注于 RC 和飞艇——无人机制作者感兴趣的两个领域。在第 8 章，我们将学习关于 RC 系统的更多知识，包括自动驾驶仪和飞行控制器。然后，我们将制作自己的设备！



制作四轴直升机III：飞行控制

飞行控制系统对于成功的四轴直升机至关重要。简而言之，如果必须手工控制4个（更多，更多！）马达，就难以保持四轴直升机的飞行状态——更不要说控制马达电源需求、自动水平、通过GPS导航、在自动驾驶和人工控制之间来回切换等重要和可选的功能了。

本章解释了标准四轴直升机控制装置的3个部分的工作原理：电子调速器（ESC）、飞行控制器（FC）和接收机。在介绍完基本知识之后，将安装一个基于Arduino的商业化自动驾驶仪产品——MultiWii（见图8.1）。

8.1 认识ESC

如前所述，电子调速器（ESC）为马达提供电源，这样接收机或者飞行控制器就不必承担这项任务（见图8.2）。ESC通常包含电源输入线、2条或者3条连接到发动机的输出线，以及插入接收机或者飞行控制器的数据连接线。有些ESC还吹嘘另一种功能：它们将电池的直流电转换为驱动四轴直升机马达的三相交流电，从而可以用直流电池运行交流马达。

ESC为特定类型的无人机预先配置，也可以人工配置。例如，飞机风格的UAV应该有一个或者两个用于副翼和方向舵的驱动马达和伺服机构。有些ESC预先设置为在电池电压快速下降时切断驱动电源，从而将剩余的电池电力用于接收机和控制面。

调速器市场实际上有很广泛的产品，许多产品很相似。在掏钱购买之前观察其他人的类似项目采用的调速器总是一个好主意。幸运的是，低端ESC并不昂贵。

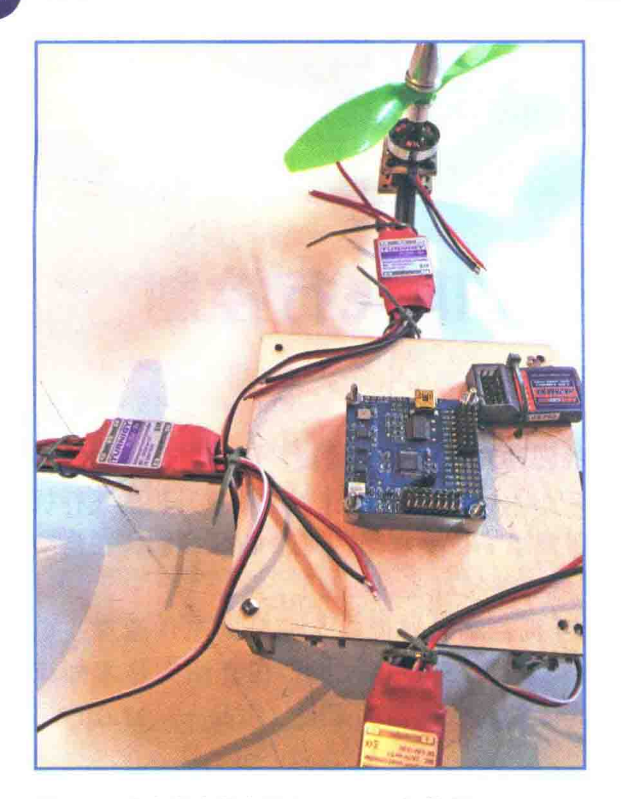


图 8.1 在本章中将安装 MultiWii 飞行控制器

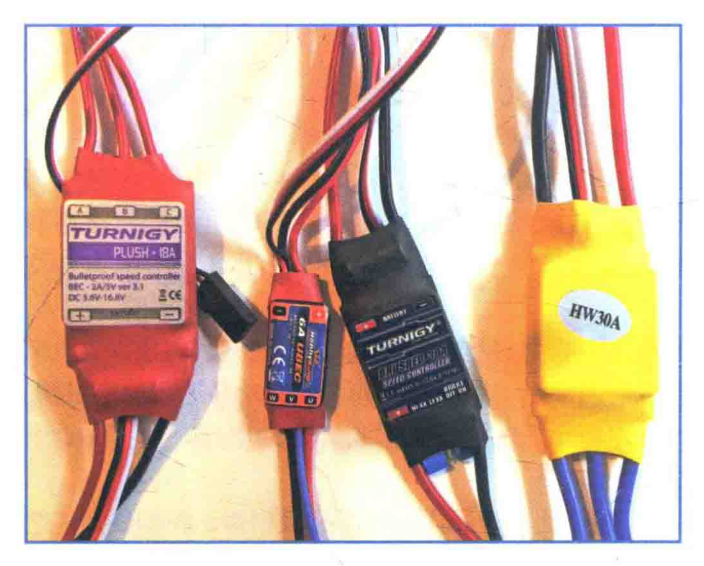


图 8.2 为项目选择合适的 ESC

8.1.1 常见的 ESC

下面介绍 3 种常见的高质量 ESC。

- XXD HW30A——这种 ESC 使用 30A 的恒定电流，峰值电流为 40A（10 秒），如图 8.3 所示。它具备安全启动功能，飞机电源接通时无论油门处于什么位置，都不会立即启动。可以用发射机配置电池类型和截止设置，本章后面将作说明。
- Turnigy Brushed 30A ESC——这种 ESC 有两条马达线而不是三条，因为它推动的是常规的旧式直流有电刷马达，而不是我们在四轴直升机项目中使用的交流外转式马达（见图 8.4）。和其他型号不同，这种 ESC 不使用发射机配置，而是使用跳线（小的塑料-金属导体）设置两个选项：电池类型和刹车。这些 ESC 都不贵，在 HobbyKing.com 上大约 8 美元。



图 8.3 HW30A 是出色的全能 30 安 ESC



图 8.4 这个 30A ESC 为有电刷直流马达而设计

- HobbyKing 6A UBEC——图 8.5 中细长的小设备也很便宜，只需要 7 美元。你可以将其连接到 2 个或者 3 个锂电池芯，但是它所能处理的

电流不大。这个型号被称作 UBEC（通用电池等效电路），因为它在电流低于 0.5 安时切断电池供电。



图 8.5 这种 HobbyKing 的小型 ESC 适合于低电流项目

8.1.2 ESC 编程

可编程 ESC 使用微控制器芯片存储某些设置，如电池类型、飞机配置（例如飞机和直升机）、刹车、油门范围以及其他设置。在 ESC 上花费的钱越多，所得到的选项就可能越多。

较简单的 ESC 使用跳线（可拆卸的塑料-金属导体）改变少量设置，如刹车是否开启或者使用的电池类型。较为复杂和昂贵的 ESC 可以通过发射机编程，可用语音指导用户使用各种菜单。

下面是我们在四轴直升机项目中使用的 Turnigy Plush 30A ESC 的配置方法。你购买的 ESC 可能没有类似的选项，所以一定要在购买之前检查数据单。最后要记住，如果使用没有其余 RC 装置的 ESC，例如用 Arduino 触发 ESC，仍然需要首先用发射机编程。

开启发射机，将油门控制杆移到底部位置，如图 8.6 所示，然后将电池组连接到 ESC。

ESC 应该发出特殊的声音，等待 5 秒，然后发出另一种声音，告诉你已经进入编程模式。

ESC 在 8 个菜单项中循环，每个都有不同的蜂鸣声（如一声快速蜂鸣），帮助你识别正在配置的选项。

到达你所需要的选项时，将操纵杆移到底部选择该选项。

- **刹车（一声快速蜂鸣）**——可以设置刹车（两声快速蜂鸣）或者将其禁用（一声）。
- **电池（两声快速蜂鸣）**——一声蜂鸣表示锂离子或者锂聚合物电池，

两声蜂鸣表示镍氢或者镍镉电池。

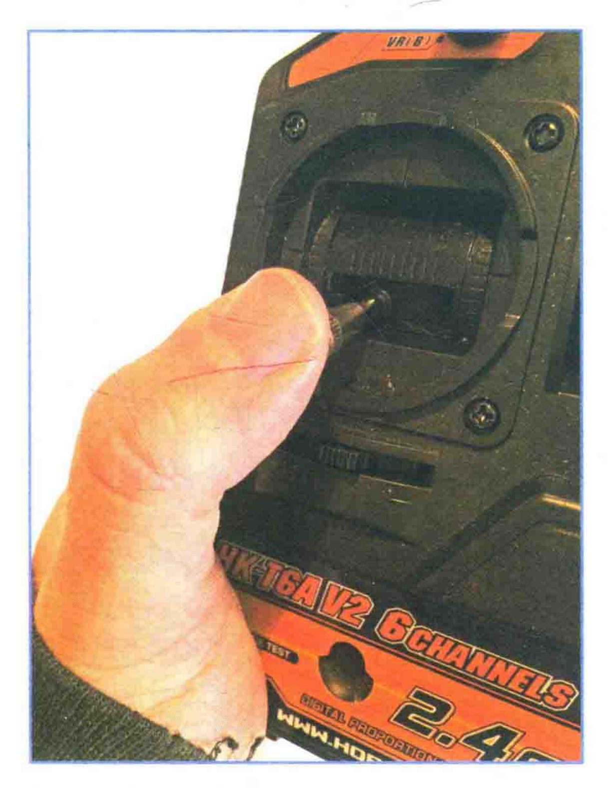


图 8.6 使用发射机编程 ESC

- **截止模式（3 声快速蜂鸣）**——告诉 ESC 在电压下降时做什么。一声蜂鸣告诉 ESC 降低功率，这有可能实现软着陆。两声蜂鸣在电池耗尽时将其关闭。
- **截止阈值（4 声快速蜂鸣）**——触发截止时应该保留的电源容量，有 3 个选项。“低”是一声蜂鸣，“中”是两声蜂鸣，“高”是三声蜂鸣。
- **启动模式（一声长蜂鸣）**——设置四轴直升机起飞的速度。常规（一声蜂鸣）使无人机以最高的速度爬升，固定翼飞机建议使用这一设置。柔和启动（两声蜂鸣）降低油门范围，使其以较为轻柔的方式起飞。超柔和启动（三声蜂鸣）提供更轻柔的起飞方式。四轴直升机建议使用后两种模式。
- **进角（一长一短蜂鸣）**——默认为低（一声蜂鸣）进角，对大部分马达都合适。高效和多极马达有时候使用中（两声蜂鸣）或者高（三

声蜂鸣）。

- **恢复默认值（一长两短蜂鸣）**——将前面的所有设置更改为默认值。
- **退出编程菜单（两声长蜂鸣）**——离开编程菜单，以便飞行！

对于更喜欢可视化提示而非声音提示的用户，可以购买带有LED指示器的廉价“编程卡”，这样ESC的状态就一眼可见。这种方法不仅不需要发射机，而且比用操纵杆切换一大堆选项更快。

8.2 接收机

飞行电气套件中的第二种设备是接收机。前一章中我已经提到，典型的接收机实际上没有多大趣味。接收机只有4个区分因素：通道数、天线样式、频率和调制方法。但是，选择不同的接收机往往意味着决定所需的通道数。

每个通道是单独的信息流。这一般决定了发射机可以控制的设备数量。因此，最简单的飞机起落架可以用一个通道控制，方向舵则由另一个通道控制。一般爱好者的设备通道数量从3到8个不等；高端设备的通道数往往达到10个以上。

四轴直升机较为复杂，这是因为它们的马达数量超过了许多接收机的通道数。飞行控制器处理单独的马达，接收机连接到飞行控制器上。发射机工作时采用航空术语（横滚、偏航和俯仰）并控制油门，而不是直接控制马达。**横滚**是沿着Y轴旋转——想想一支箭在空中飞行时的旋转。**偏航**是沿着Z轴旋转——就像陀螺一样，**俯仰**是沿着X轴旋转（翻筋斗）。驾驶员控制这四个因素，通过偏航操纵。

因为这种简化的多轴操纵方式，只需要4个通道就可以控制8个轴。如果你要操纵一架四轴直升机，购买价值100美元的16通道接收机就太奢侈了。

接收机非常简单。它们被动等待合适频率的合适信号，然后向飞行控制器或者ESC发送指令。发射机是真正激动人心的设备。

你最起码应该购买和发射机匹配的接收机。如果没有发射机，可以购买成套的发射机和接收机。我常常看到的例子之一（我也建议）是HobbyKing HK-T6A。这是6通道的2.4GHz发射机和接收机套装，价格大约为25美元（见图8.7），它是可以找到的最廉价套装，非常适合于业余爱好者！



图 8.7 我在本书中使用的 HobbyKing 接收机是相当典型的 6 通道接收机

8.3 飞行控制器

飞行控制器（FC）是四轴直升机的大脑，通常由一个微控制器和附加的传感器组成，如加速计、气压计、磁力计等——四轴直升机自主飞行所需的一切。

但是，即使最简单的 FC 在人工控制飞行时也能提供帮助。FC 通常会自动保持飞机的水平，使操作员可以专注于操纵，而不只是将无人机保持在空中。

FC 的许多功能是自主的，例如，你不需要用发射机保持飞机自动水平；它会在后台完成这项工作，让你享受飞行的乐趣。

FC 还可以设置为在故障发生时自动采取某些步骤。例如，如果飞机发现自己正在从空中坠落，它可以打开降落伞（四轴直升机坠毁令人伤心，但是爱好者必须面对这样的事实）。

8.3.1 飞行控制器示例

下面讨论 3 种 FC，这只是市场上许多不同产品中的一些示例。

Hoverfly Open

Hoverfly（见图 8.8）是相关控制器家族的成员，这一家族涵盖了从较简单的入门级产品 HoveflyOpen 到内置 GPS、价格为 900 美元的 HoverflyPRO 的一系列产品。

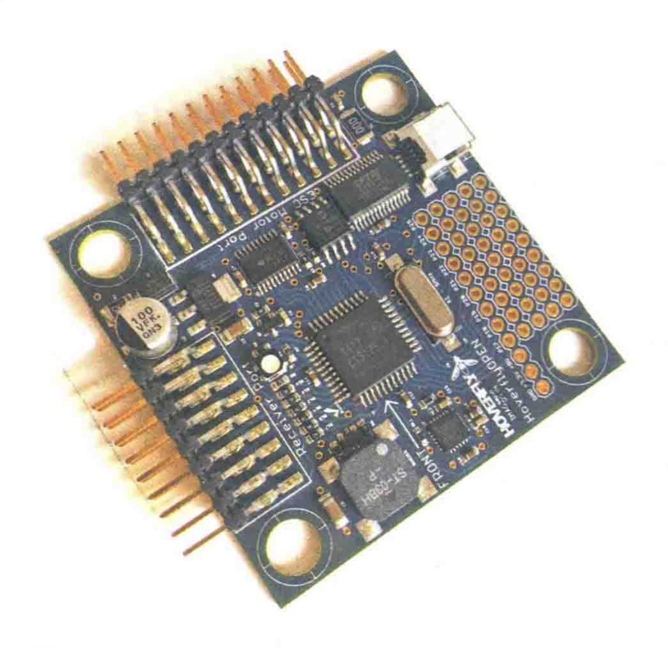


图 8.8 HoverflyOPEN 飞行控制器连接到 ESC 和接收机

HoverflyOPEN 可以配置为四轴直升机、六轴直升机和八轴直升机的 FC，而且可以搭配任何 5 通道发射机 / 接收机套装。

Hoverfly 甚至提供了仅用于云台（四轴直升机爱好者为其无人机添加的可拆卸摄像机支架）的小型控制器。

可以在 http://www.hoverflytech.com/controllers/ 上了解 Hovefly 产品的更多信息。

Ardupilot

Ardupilot 是飞行控制器的另一个例子，如你所料，这是由 Arduino 控制的自动驾驶仪（见图 8.9）。该平台是 DIYDrones 社区（一个无人机爱好者的在线论坛）在 2007 年创建的。

早期版本包含称为“插板”（shield）的 Arduino 附加卡，专门用于连接伺服机构、ESC，上面布满了加速计和磁力计等传感器。后来，Arduino 芯片直接放在其余组件的同一个电路板上，从而节约了空间和重量。

该项目很酷的一个方面——开源硬件运动的特征，是任何人都可以为 Ardupilot 项目做出贡献，这已经创造了多种副产品，包括 ArduRover、ArduPlane 和 ArduCopter，都是专为特定的无人机类型设计的板卡。你可以在 Ardupilot.com 上了解更多信息。

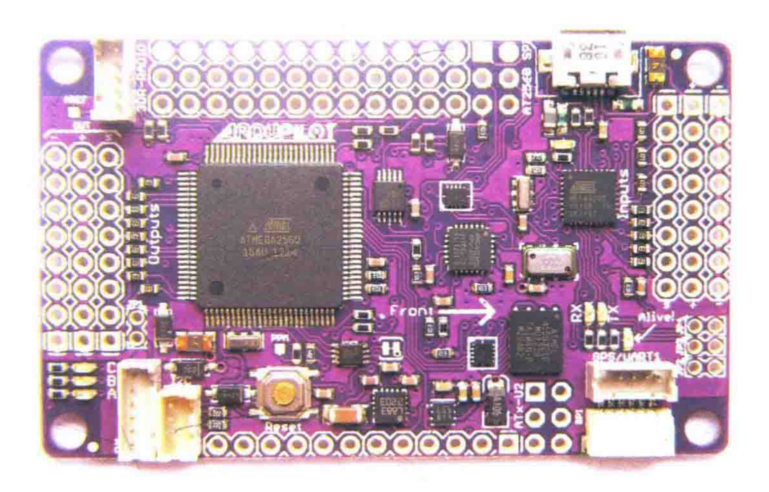


图 8.9 Ardupilot 在开源硬件中结合了无人机令人兴奋的部分
（图片来源 Explore Labs（知识共享协议）

MultiWii

MultiWii 是一个简洁的飞行控制器，最初是为用户使用 Wii “双节棍”（nunchuks）控制手柄和 Motion Plus 控制器（见图 8.10）操纵无人机而设计的。后续的工作使其进入了更为主流的发射机和接收机领域，但是 Wii 软件仍然支持它。

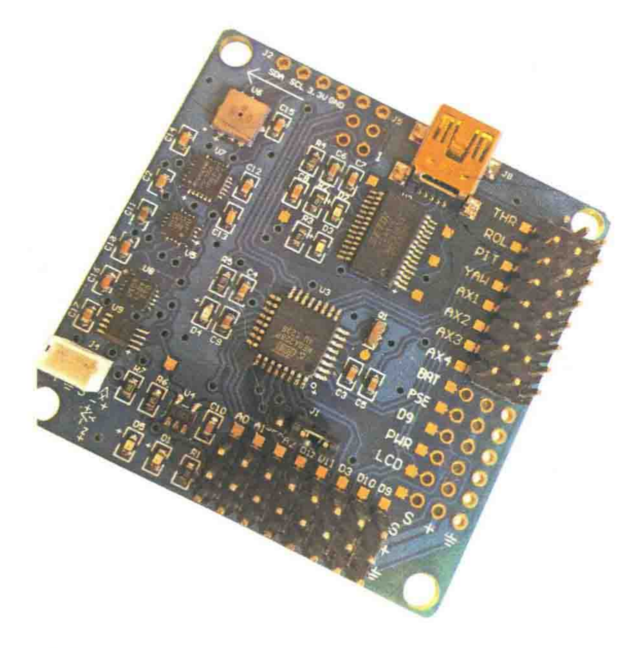


图 8.10 我在四轴直升机项目中使用 MultiWii

MultiWii 有一个板载的 Atmega 328P 微控制器芯片，和 Arduino UNO 中使用的一样。它最多可以有 8 个马达输出和 2 个伺服输出：加速计和陀螺仪。

许多不同的商店销售各种不同风格的 MultiWii 控制板——作为开源项目，任何人都可以提供自有风格的 MultiWii 兼容硬件。关于这一软件倡议的更多信息请参见 MultiWii.com。你也可以购买和我一样的 MultiWii 控制板，在 HobbyKing.com 可以买到，价格大约 30 美元。

8.4 安装飞行电子装置

让我们继续四轴直升机项目，增加本章描述的组件：ESC、接收机和控制器。我们将逐个安装它们。但是，在第 10 章之前，我们还没有将它们连接在一起。

8.4.1 零件

安装飞行电子装置需要如下零件。除了最后一项之外，它们都可以从任何飞机商店或者五金大卖场中买到。

- 电钻和钻头。
- 尼龙搭扣。
- 束线带。
- 双面胶带。
- 4 根 4 号 × 1 英寸（2.54 厘米）螺丝，以及垫圈和螺母。
- 4 根 4 号 × 3/8 英寸（0.95 厘米）压铆螺母柱（SparkFun P/N 10461）。

8.4.2 安装 ESC

使用尼龙搭扣或者束线带将零件固定在连杆上，但是保持宽松，如图 8.11 所示，以便于拆卸 ESC。我们将在第 10 章中增加特殊的连接件。一旦这些连接件到位，就可以将其固定好。毫无疑问，要将 ESC 放置在 3 根马达线最靠近马达的位置，电源和数据线朝向直升机的中心。还应该将 ESC 放在连杆的下方；这样能够保持顶部外观整洁，ESC 靠近电池组，电池组放在方木块的底部。

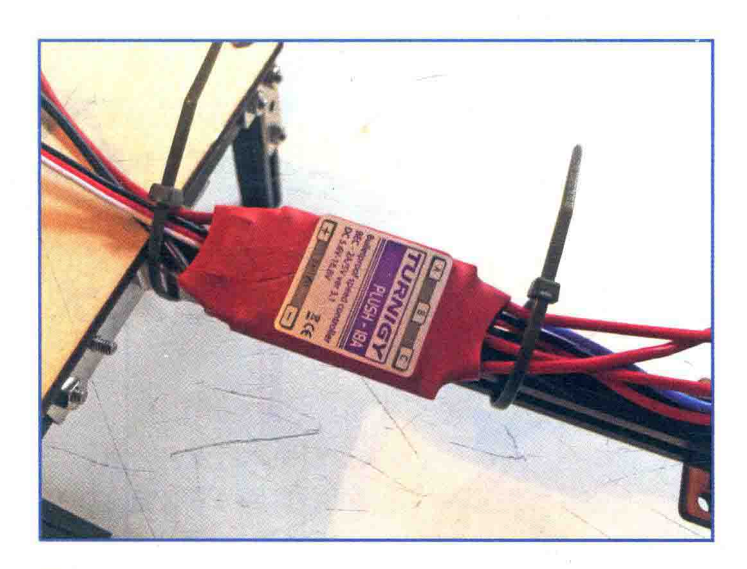


图 8.11　不要将束线带扎得太紧

8.4.3　安装飞行控制器

MultiWii 的印制电路板上有 4 个安装孔，用这些孔在木板上做标记，然后在木板上钻出与电路板对应的小孔。将 4 根带垫圈的 4 号螺丝从下方旋入木板，然后锁紧尼龙压铆螺母柱。最后，将 MultiWii 放在螺丝上，用螺母固定，如图 8.12 所示。

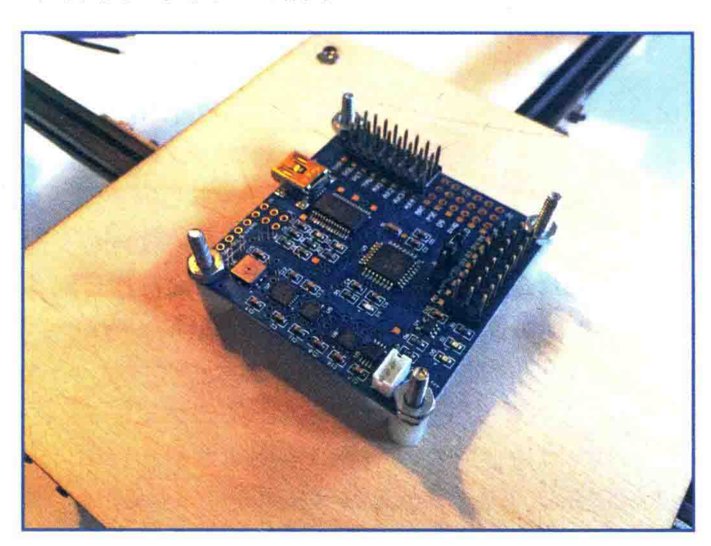


图 8.12　钻孔并用螺丝和压铆螺母柱固定 MultiWii

8.4.4 安装接收机

这里使用的接收机除了束线带以外没有任何安装选件，但是可以使用双面胶带。在木板上钻对应的孔，然后通过小孔穿入束线带，如图 8.13 所示。

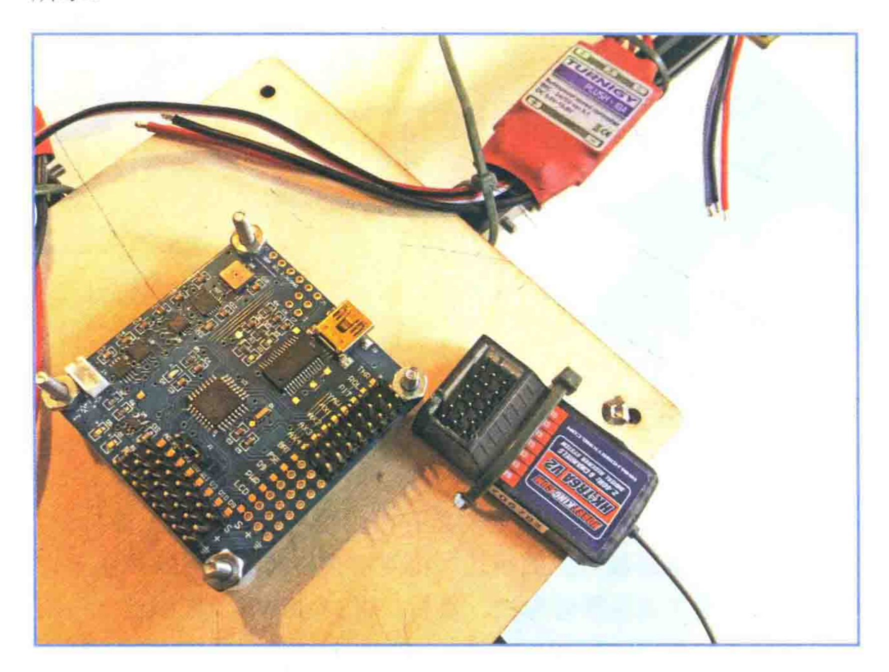
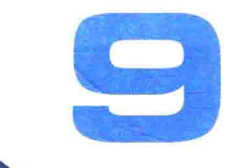


图 8.13 将束线带穿过小孔，固定接收机

8.5 小结

本章介绍了飞行电子装置的安装，这些装置包括 ESC、接收机和飞行控制器。我们还学习了自定义调速器上的设置，使它们更好地与项目配合的方法。第 9 章将探索我们可能必需的无人机制作工具的选择。



无人机制作者的工作台

迄今为止，本书已经提到了许多大大小小的工具。本章介绍我们所需要的五金工具。我将这些工具分为几类。

- **设计工具**——介绍概念化和设计无人机的工具。
- **驱动工具**——介绍螺丝刀和其他螺栓起子。
- **测量工具**——确定长度、宽度、直径等。
- **切割工具**——切割和钻孔的工具。
- **接线工具**——帮助你处理电子装置的工具。
- **固定工具**——胶水、胶带和其他固定方案。
- **CNC 工具**——讨论计算机数控机床，如激光切割机、3D 打印机、铣床等。

9.1 设计工具

任何项目的第一步都是设计。首先，在纸上画出草图；然后在计算机上进行实际设计。至少这是适合我的方法！下面是你所需要的一些工具。

- **钢笔和铅笔**——即使你总是在计算机上记笔记，也应该始终保留一些常规的绘图用具，如图9.1所示，至少可以用它们来标记要被切割的位置。
- **笔记本和坐标纸**——你需要和笔搭配的纸张。我使用作文本（见图 9.1），也使用方格纸（即坐标纸）。
- **Fritzing**——我喜欢这个开源软件，可以从 Fritzing.org 上下载。我用它制作布线图（本书自始至终都可以找到）以及制作我自己的 PCB 所用的电路图设计。
- **Inkscape**——Inkscape（Inkscape.org）和 Adobe Illustrator 或 CorelDraw 类似，适合于不想（或者无法）花许多钱购买的人们。这 3 个软件包都是矢量绘图程序，也就是说它们创建的图形表示为一系列的曲线、直线和

几何形状。与此相反，Photoshop 等是光栅绘图程序，将图像和照片一样记录。我主要使用 Inkscape 创建激光切割机的设计。

- SketchUp——机器人制作者使用的另一个流行软件工具是 SketchUp，这是一个自带大量形状库的 3D 建模工具。不管你是设计整座摩天大楼还是设计梦寐以求的杂物间，SketchUp 都能胜任。它有免费版本和商业化版本，专业版本会解锁许多很酷的功能。



图 9.1 设计下一个项目可能需要一张纸和一支铅笔

9.2 驱动工具

设计说够了——我们开始介绍一些真正的五金工具。本节专门介绍用于螺母、螺栓的螺丝刀和扳手。编号如图 9.2 所示。

A. **多用工具**——每个无人机制作者和每个自恋的家伙都应该有一件多用工具。我使用可爱的 B61 号 SOG 工具批，它将 22 件工具放在一个很结实（有人可能会说是“很重”）的包里。

B. **尖嘴钳**——非常适合抓取小东西或者伸进无人机的内部。

C. **套筒扳手组**——SK 套筒扳手组（P/N 91848）非常出色。记住，你不需要任何花哨的东西。开始时，你不是每天都使用它，但是当你开始制作具有沉重五金件的较大无人机时，就会庆幸拥有它。



图 9.2 螺丝刀是无人机制作者的基本工具

D. **六角扳手**——许多无人机五金件使用六角螺栓，尺寸从很小到相当大不等。相应地，你需要很大范围的六角扳手（也称作“艾伦扳手”）。我有一组六角扳手，并且总是寻找自己没有的工具。最好是投资一大套（混合了标准和公制的）扳手，花不到 20 美元就可以得到 30 件套。

E. **钟表起子**——许多无人机零件很小，所以这些同样小的螺丝刀是必需的。我使用 Tekton（P/N 2987），它能很好地完成任务，包含了标准和十字螺丝刀，也有六角公型和母型起子。

F. **螺丝刀**——我在项目中总是使用常规的旧式螺丝刀。可以肯定你已经有了许多螺丝刀，但是应该兼备各种尺寸的标准和十字螺丝刀。

9.3 测量工具

在组装套件时，你不需要进行任何测量，因为有人已经帮你做过了。但是，制作自己的机器人时，必须精确地测量某些指标。图 9.3 展示了我所用的测量工具。

A. **卡尺**——用于测量零件的直径或者宽度。卡尺实际上很便宜，不到 25 美元就可以买到最便宜且可靠的卡尺。我一直使用自己的卡尺。

B. **尺子**——你总是需要一把短尺。图中的尺子来自 Adafruit（P/N 1554），很适合电子爱好者，因为它有电路板功能，如标准孔径、线宽和所有

常规表面安装电子套件的尺寸。

C. **量角器**——用于测量角度。你可以在文具店买到便宜货，也可以在五金店购买更好的。

D. **卷尺**——卷尺是必备的工具之一，除非你制作 8 英尺长的机器人，否则没有必要购买大的卷尺。不到 5 美元的小卷尺就足够用了。

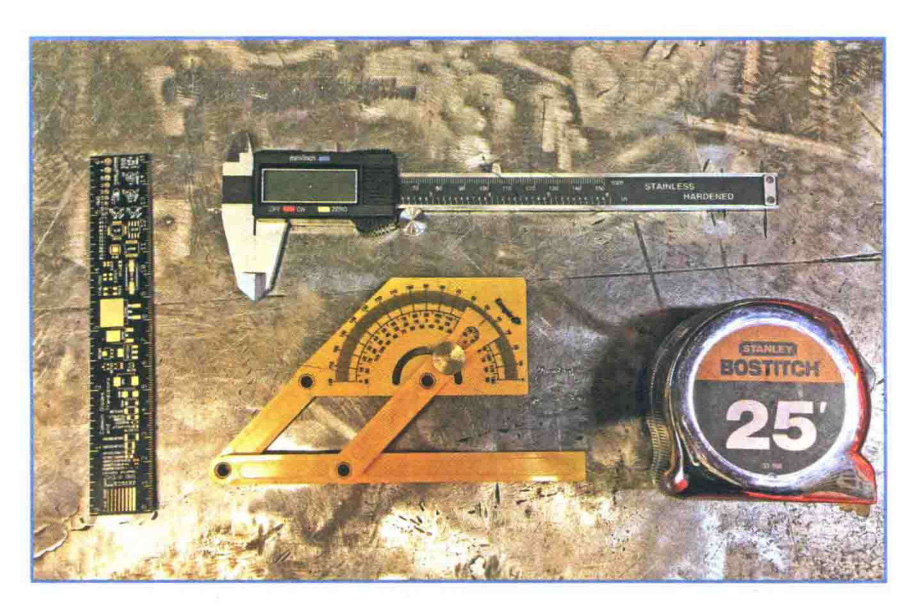


图 9.3 一定要在工具箱中备有不同的测量手段

9.4 切割工具

即使在处理套件时，也常常需要切割。图 9.4 中所示的各种工具可以帮助你更好地完成切割任务。

A. **电钻**——DeWalt 是我最好的家用工具，用在机器人制作上也很好。电钻主要用于钻出小孔，但是也可以用于旋紧木螺丝——谁想要用螺丝刀去干这累活？

B. **达美电磨**——这是每个爱好者最喜欢的旋转工具，这部无线达美电磨（P/N 8220）很适合于切割、抛光、钻孔等工作。

C. **钢锯**——当你处理金属件时，总是需要钢锯。

美工刀没有出现在图 9.4 中，但也是必要的工具。这些刀片很适合于精细的模型工作，如切割易碎的塑料连接件或者分离激光切割的巴尔沙木零件。

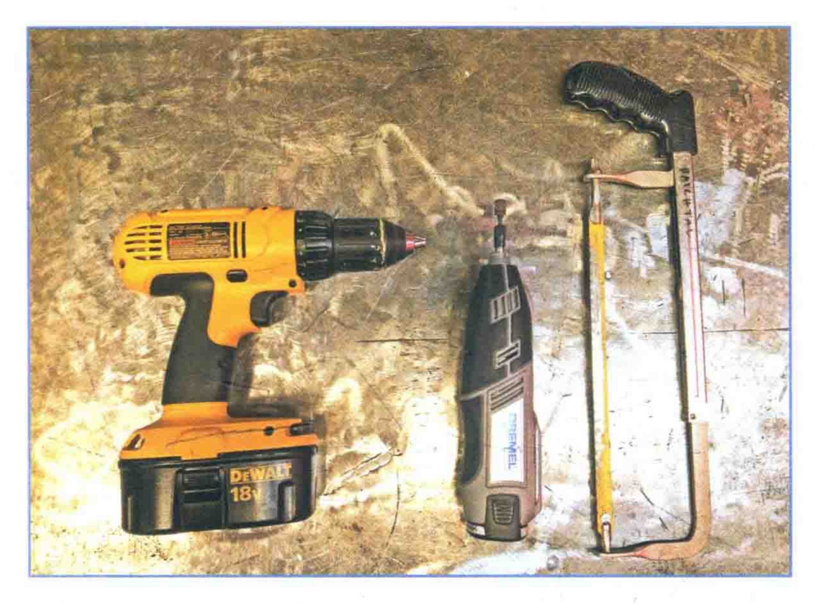


图 9.4 切割木材、塑料和金属是必要的工作

9.5 接线工具

接下来是电子工作可能需要的工具（见图 9.5）。因为我已经在第 7 章中介绍了焊接设备，这里只象征性地提一下。

A. **电源**——在给原型机供电时，像项目完成时那样连接电池组是很有诱惑力的。但是，在调试时电池耗光可能带来问题。电源可以提供无穷的直流电，用户可以调整电压和电流以适合项目的需求。虽然对于初学者不是必要的，但是有一个电源绝对很方便。我信赖图中的 Extech 382202，它的售价大约 100 美元。

B. **剪线钳**——处理电线时，这种 Vice Grip 剪线钳 / 剥线钳（P/N 2078309）是很好的全能工具。

C. **自动剥线器**——我喜欢这种无名的剥线器，只需要将电线放入刀口并挤压工具，就会自动切断电线一端的绝缘套。

D. **焊接设备**——在第 7 章中已经介绍过，这把烙铁只是那一小节中推荐的所有工具的替身。

E. **万用表**——这种方便的工具可以测量电压、电阻、导电性和电子世界的其他方面。我建议使用 Jameco Electronics 销售的 BenchPro BP-1562。它是一个出色的简单万用表，只需要 10 美元左右。图中的

Fluke 万用表要好得多，但是价格大约要 80 美元。

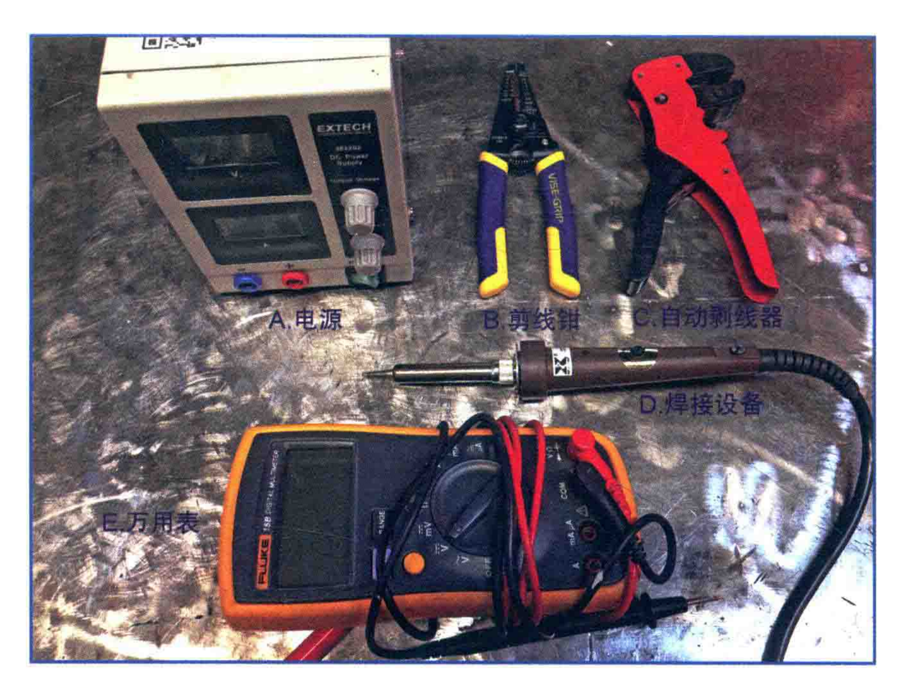


图 9.5 进行电子工作？那就购买这些工具

9.6 固定工具

螺母和螺栓并不总是有效，这是每个人无人机制作者的难言之隐。有时候，你必须使用热熔胶、双面胶或者束线带固定无人机零件。接受这个现实，使用图 9.6 中的出色选项。

A. **双面胶**——我经常使用这种东西。一定要使用泡沫式的（我信赖 Scotch 的 1 英寸胶带），而不是两面都有胶，看上去像透明胶的那种型号。泡沫式胶带有可以剥离的衬垫，不会造成混乱。

B. **强力胶**——我使用一次性的小包装，因为希望重新密封和重新使用强力胶是很愚蠢的。它很可能干掉或者无法打开。

C. **束线带**——每个人都喜欢的万能固定工具。你可以在任何五金店买到很好的大包装。

D. **尼龙搭扣**——管理电线的好办法，它的用途和束线带相同，但是更漂亮。

E. **热熔胶**——每个人都必备热熔胶枪。



图 9.6 需要固定螺丝不能固定的东西？这些工具中总有一款适合你

9.7 CNC工具

最后，我要为外行提供一些复杂而昂贵工具的指南，我认为这些工具对于无人机制作者来说极其实用。但是许多设备非常昂贵——将近 10000 美元！——也有较便宜的型号，以及不购买的替代方案。后者指的是工具库、社区学院和黑客空间（热心于用租借代替购买的组织）。下面是 CNC 工具的一些粗略分类。

- **激光切割机**——这个工具（见图 9.7）用于根据在 Inkscape 等矢量绘图软件中创建的设计，切割塑料和木材，非常适合于无人机制作者，因为它可以帮助你从其他人的研究中学习。想要用激光切割无人机底盘？可以在网上找到许多设计供你下载。

  激光切割干净而精确，可以将复杂的结构组合起来而无须太多的胶水或者其他连接件。
- 3D 打印机——3D 打印机（见图 9.8）用融化的塑料细丝一层一层地组合成三维物体。和激光图案一样，互联网上有丰富的 3D 打印机设计，可以从其他制作者的项目得到灵感。这是很好的学习方法，与一切都自己动手相比，它更快地形成原型。

3D 打印机在无人机领域的最佳应用是打印连接件，将不相似的组件连接在一起。在第 12 章中我提供了一个例子，打印一个摄像头支架和用于不同型号摄像头的底座。

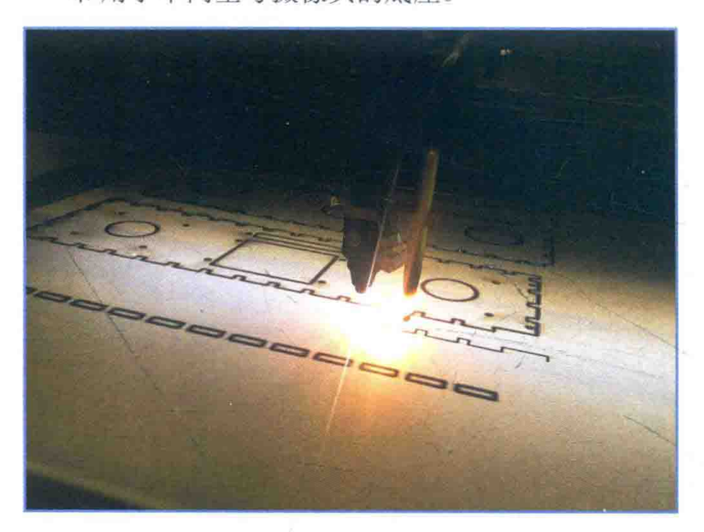


图 9.7 切割木材的最好方式是使用激光

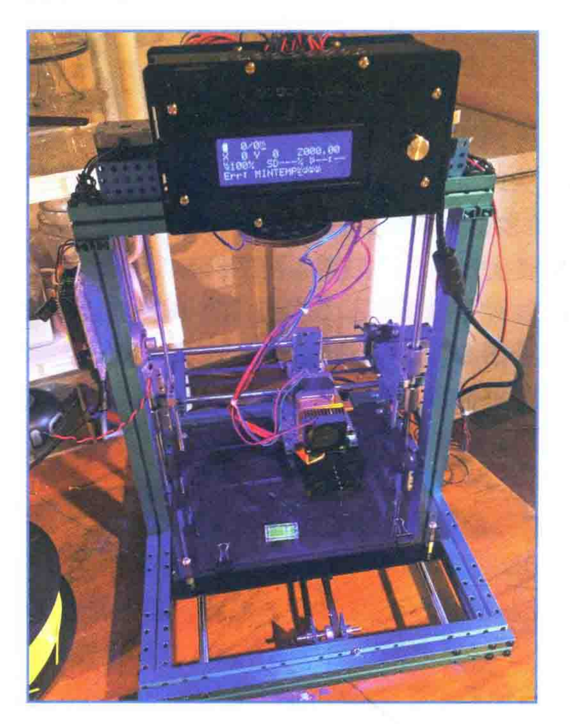


图 9.8 3D 打印机用塑料输出 3D 形状

- **数控铣床**——这是计算机控制的刨槽机或者旋转工具的通称，用于从木材、金属或者塑料中刻出形状。这是必备的工具，但是很不幸，它要花掉一大笔钱。

数控铣床看上去很象放在计算机控制台上的达美电磨或者类似旋转工具（见图 9.9）。和激光切割机不同，数控铣床使用的是铣刀（看上去像钻头），很容易磨损。

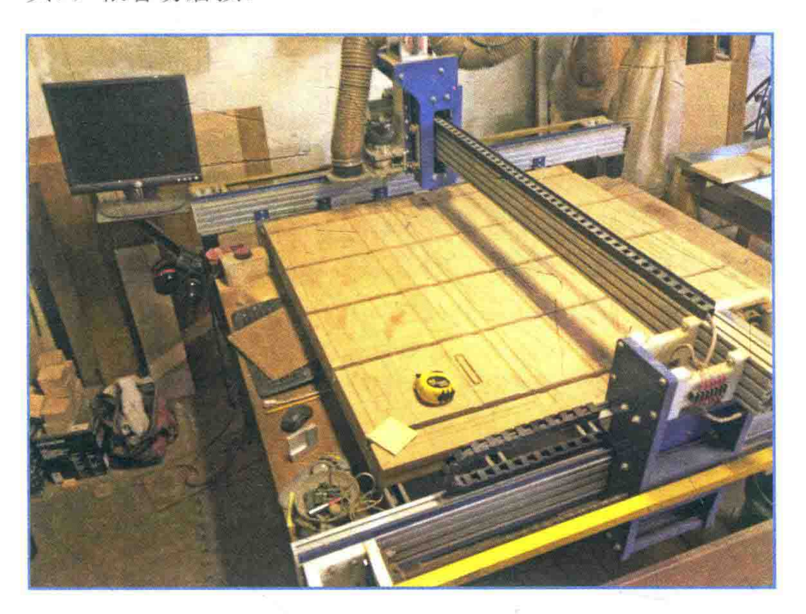


图 9.9 数控铣床很酷，但是很贵

9.8 小结

本章介绍了许多无人机制作者在试验中可能需要的工具。在第 10 章中，我们将在四轴直升机上加入电池组，并学习如何连接所有电线。

10

制作四轴直升机IV：电源系统

利用第 8 章中安装的飞行电子设备，四轴直升机开始组合在一起。在本章中，我们将学习各种类型的电池以及在四轴直升机中的安装方法。我们还要学习无人机领域中最受欢迎的元件连接方式——插塞接头。最后，我们将制作和安装线束（见图 10.1）。

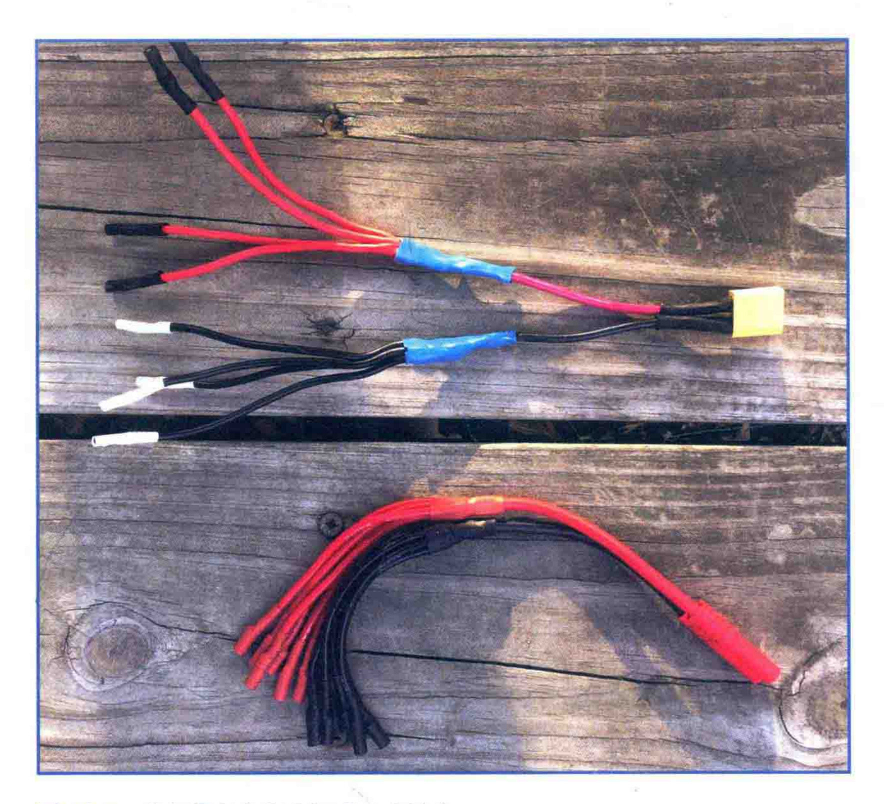


图 10.1 我们将在本章中组成一个线束

10.1 选择电池

我们首先选择电池。但是，为了做出好的决策，需要了解这些选择。下面是帮助我们决定所购电池种类的 4 个条件。

- **电压**——和常规的旧式 5 号电池不同，可充电锂电池和镍电池有不同的额定电压。购买前一定要检查额定电压，否则就会买到电压过高或者过低的电池。
- **电量（毫安时，mAh）**——这是电池理论上可以输出的电力总量；电量的数值越大，电池持续时间越长。
- **"C" 值**——这是电池的最大安全放电速度。这个数字乘以电量值可以得出电池安全放电的最大电流（安培）。例如，C 值为 25 ～ 40 的 460 毫安时电池，其放电电流在 11.5 ～ 18.4 安之间。这个数值很重要，因为这能告诉我们推进器的能力。注意，较低的数字代表持续放电速度，较高的数值代表最大放电速度。
- **能量密度**——这是单位尺寸的电流数。这是一个模糊的统计数字，但是电池爱好者对此念念不忘。它决定了为了获得成果，可以在飞机中增加多大重量。

10.1.1 电池类型

无人机制作者通常使用两种类型的电池供电：镍电池和锂电池。我们将逐个介绍。

镍电池

镍氢电池（NiMH）是取代旧式镍铬（NiCad）电池的可充电电池（见图 10.2）。它们的好处是普及——可以在大部分便利店中买到镍氢电池。

镍氢电池的缺点是外形和五号电池类似，需要电池座，这就意味着更大的重量。这在充电时也会造成麻烦。而且，它们的能量密度也不如锂电池，只有 140 ～ 300 瓦时 / 升。

锂电池

无人机中使用的大部分电池是锂电池——锂聚合物（LiPo）或者锂离子电池（Li-ion）。这些电池（见图 10.3）和镍电池相比有更好的规格指标，输出电压为 3.7 伏（镍氢电池为 1.2 伏）。



图 10.2 镍氢电池是无人机的流行选择之一



图 10.3 锂聚合物电池是大部分无人机首选的电源解决方案

锂聚合物电池和锂离子电池的配置更有利于在无人机上安装。不仅因为它们通常使用塑料包装，不需要电池座，而且有自带的充电线，充电时不需要从无人机上拆下。

尽管锂聚合物电池非常出色，但是有潜在的危险。不过，遵循几条安全规则就可保平安。

- 不要短路或者进水。这可能导致起火。
- 不要刺破锂聚合物电池，这也可能引起火灾。
- 如果电池起火，用沙子将其压灭。锂可以从水中提取氧气，继续燃烧！
- 如果电池开始膨胀，不要继续使用。
- 使用商业化的锂聚合物电池充电器为电池充电。我建议使用 Turnigy C3；这种充电器价格便宜，可以为所有 2 芯和 3 芯锂聚合物电池充电。
- 决不要混合使用不同型号的电池。只使用相同化学性质的电池。

10.2 加入插塞接头

选择电池之后，我们就可以开始为无人机接线了。但是，我们首先要介绍插塞接头，它提供了在 RC 和无人机世界中连接组件的一种典型方法。

10.2.1 为什么使用插塞接头

如何连接所有四轴直升机组件？例如，你当然不会在马达和控制器之间的连接上使用焊接。如果需要替换其中一个怎么办？插塞接头是连接不同系统的流行选择（见图 10.4）。它们足够结实，不对直升机进行灾难性的破坏就无法断开连接，在那种情况下最不用担心的就是连接件了！



图 10.4 插塞接头是 RC 世界中首选的连接方法

各种插塞接头类型之间的主要差别是接头的大小，可以用线材号数描述所要购买的尺寸。我在四轴直升机项目中使用2毫米和3.5毫米接头。你需要相同数量的公头和母头，不同尺寸的无法相互搭配。

10.2.2 零件清单

加入插塞接头需要如下零件和工具。

- **焊接设备**——在第7章中，我介绍了焊接工具的使用；本章也会列出所需要的设备。
- **插塞接头**——可以在任何RC商店中找到。
- **热缩管**——这是特殊的绝缘橡胶管，用于覆盖组件，就像电工胶布的更智能型号。Adafruit销售大包装的热缩管（P/N 344）。你也可以在任何电工商店或者五金店中买到。

10.2.3 加入插塞接头的步骤

插塞接头是焊接在电线两端的金属接插件和插座。一旦焊接，两端就牢固地连接在一起，任务也就完成了。下面是加入插塞接头的步骤。

1. 选择公母接头。预先计划如何布置所有组件，以免出现意外。常见的公母接头组织方法是从马达开始，为其提供公接头。显然，ESC的马达端使用母接头。ESC另一侧的电源线使用公接头，图10.5展示了公、母插塞接头。



图10.5 公（左）和母（右）插塞接头

2. 剥线。将电线两端的绝缘套剥去一小段，如图 10.6 所示，图中可以看到 4 个 ESC 的电线同时准备好，插入用激光打孔的木板中。许多 ESC 和其他组件的电线都预先剥好。

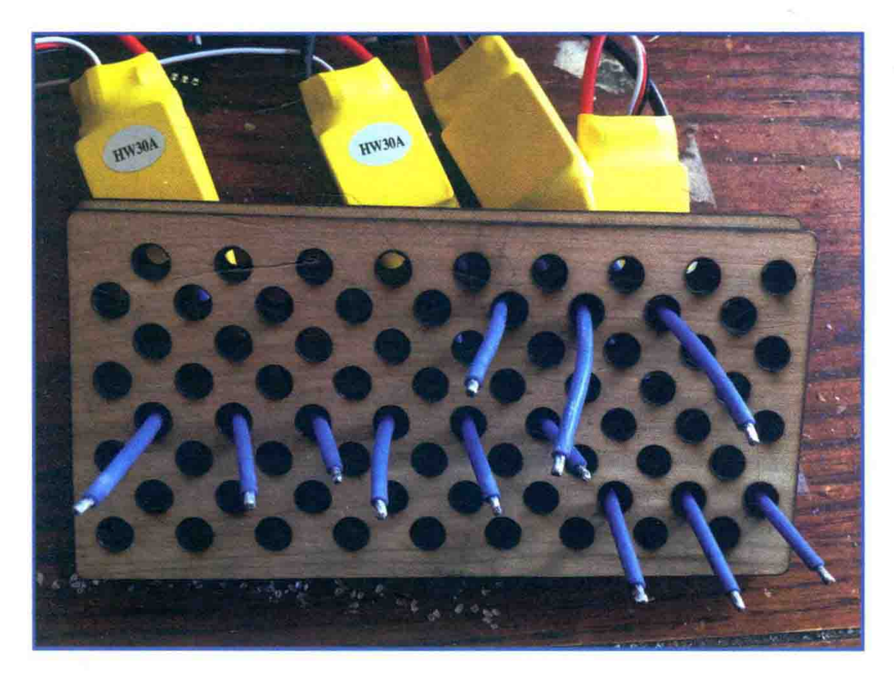


图 10.6 将电线一端的绝缘套剥去一小段

3. 给线头上锡。上锡意味着用焊锡覆盖线头。这有助于组件和另一个上锡的组件粘合。首先，将线股拧紧，使用电烙铁加热线头。然后涂上焊锡，如图 10.7 所示。为使用插塞接头的每条电线上锡。注意，有些组件（如本项目中使用的 Turing Plush ESC）预先已经上锡和剥线。
4. 填满接头。同样为插塞接头上锡，用一滴焊锡填满它们，如图 10.8 所示。接头侧面有一个小孔，将焊锡填到这个水平线上。
5. 焊接。将上锡的线头放入插塞接头中。将烙铁尖端插入小孔，熔化其中的焊锡。如果接头有些松，可以沿着接头顶部加入一些热焊锡。图 10.9 展示了外观。

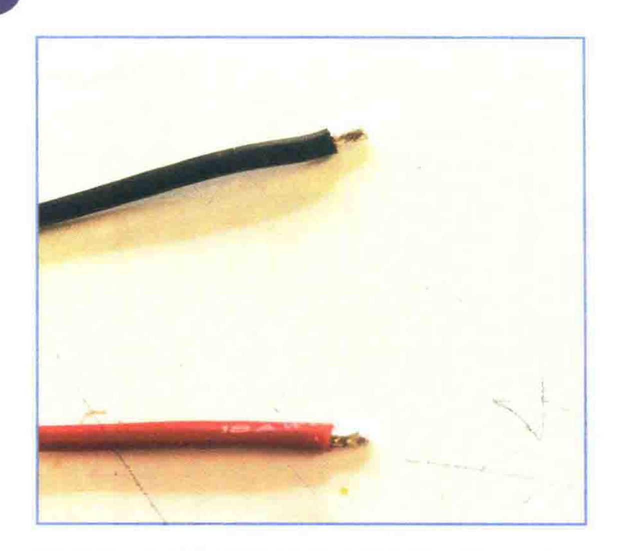


图 10.7 为每条使用插塞接头的电线上锡

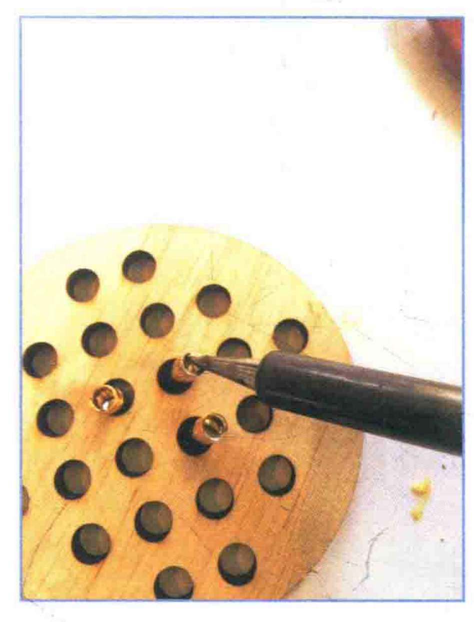


图 10.8 用焊锡填充插塞接头

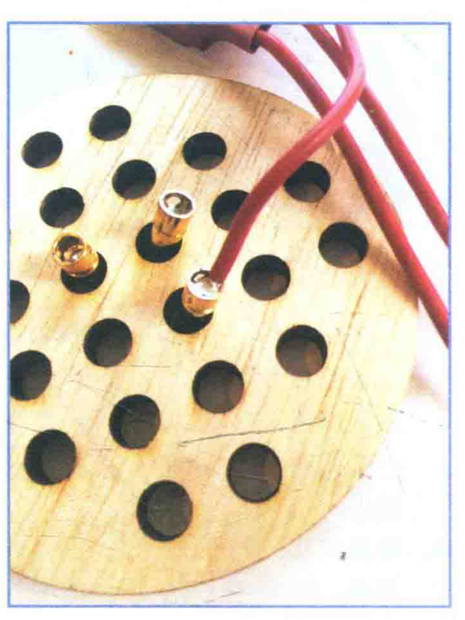


图 10.9 插塞接头上的焊锡

6. 加入热缩管。在每个线头放上大约 1 英寸长的热缩管，确保公接头的接触部分可以活动。使用烙铁管加热热缩管，使其覆盖在接头底座和线头上。图 10.10 展示了加工成功的公接头和母接头。
7. 连接！最后将马达的公接头插入 ESC 的母接头，如图 10.11 所示。下

一节将连接真正的电池。尽管有这样的连接，你仍然应该用束线带扎紧，使 ESC 就位。

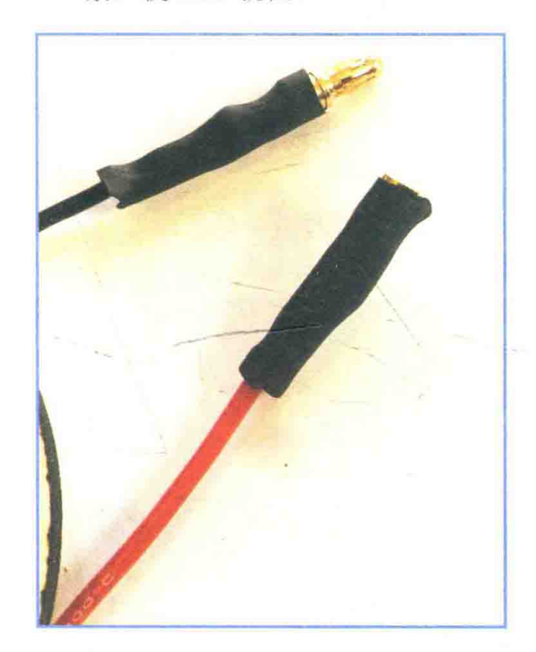


图 10.10 在线头放上热缩管并使其收缩！

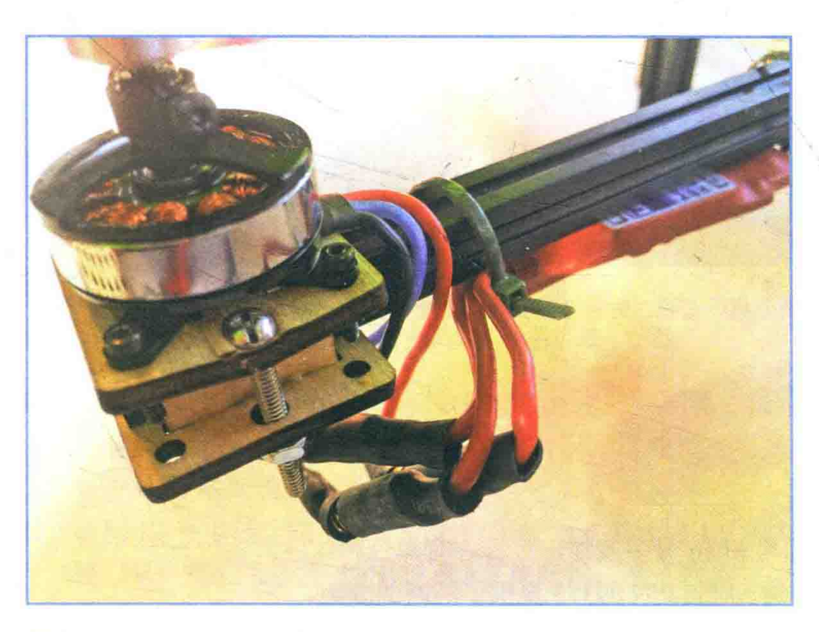


图 10.11 将 ESC 连接到马达

10.3 组成线束

加入电池即使算不上是骇人，至少也是相当困难的，这是因为一个简单的事实：你必须知道如何将 4 个 ESC 的电源线和地线连接到单个电池。

对此通常有两种处理方式。首先，许多无人机制作者购买或者设计一个配电板——这是预先配置一个电路板，将 4 组（或者更多）电源线和地线组合为一对的有趣说法。在爱好者商店中可以找到这种配电板，低端产品的价格通常在 5 ～ 10 美元。

许多无人机制作者则选择焊接自己的线束。这由焊接成单个连接件的 4 根或者更多铰接的地线，以及类似配置的等量导线组成。图 10.12 展示了线束的一个例子。我们将在四轴直升机中采用这种方法。

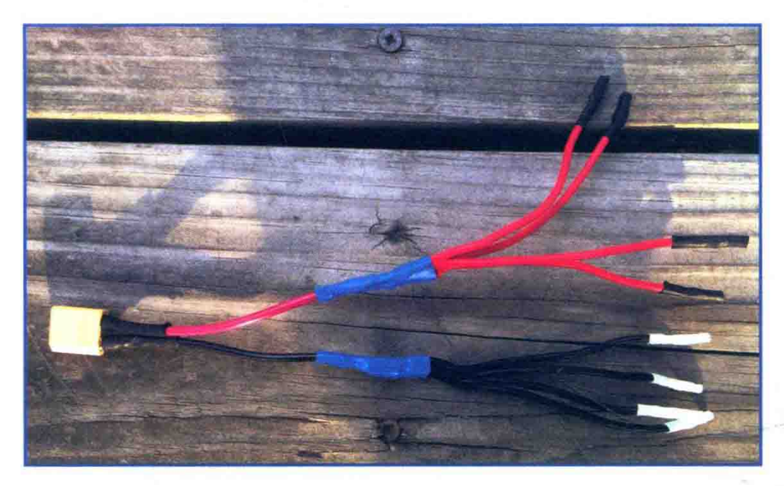


图 10.12 线束分解电源线，为每个需要电源的组件提供一根

10.3.1 零件

需要如下零件和工具。

- 焊接设备。
- 电线：12 号和 16 号多股线，每种各有黑色和红色。
- 热缩管：Sparkfun P/N 09353 提供了清晰的分类。
- XT60 连接器：这是一种很好的连接器，我将在后面说明。

■ 插塞接头：有不同大小，我使用 3.5 毫米的插塞接头。

10.3.2 组成线束的步骤

我们先从线束开始，按照如下步骤进行。

1. 切割长度约为 5 英寸（12.7 厘米）的 16 号线。你需要为每个需要电源的组件准备一条红线和一条黑线——每个马达一对！对每条电线，从一端剥去半英寸（1.27 厘米）绝缘层，另一端剥去 1/4 英寸（0.63 厘米）。图 10.13 展示了外观。

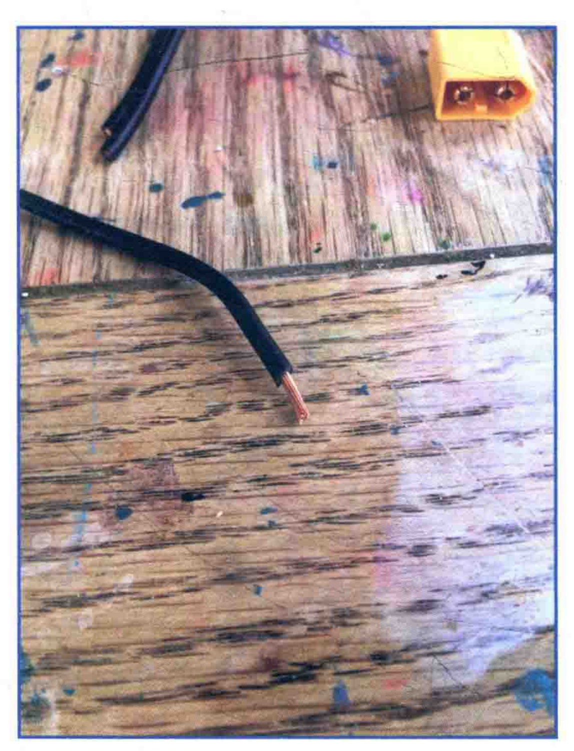


图 10.13 你需要为每个组件准备一条黑线和一条红线

2. 焊在插塞接头上。将母插塞接头放在电线去掉半英寸绝缘层的一端。像前面一样加上热缩管，如图 10.14 所示。这些接头将插入使用公接头的 ESC 电源线。
3. 切割 12 号电线。接下来，切割两根长为 5 英寸的 12 号线。对每条电线，从一端剥去半英寸（1.27 厘米）绝缘层，另一端剥去 1/4 英寸（0.63 厘米）。图 10.15 展示了外观。

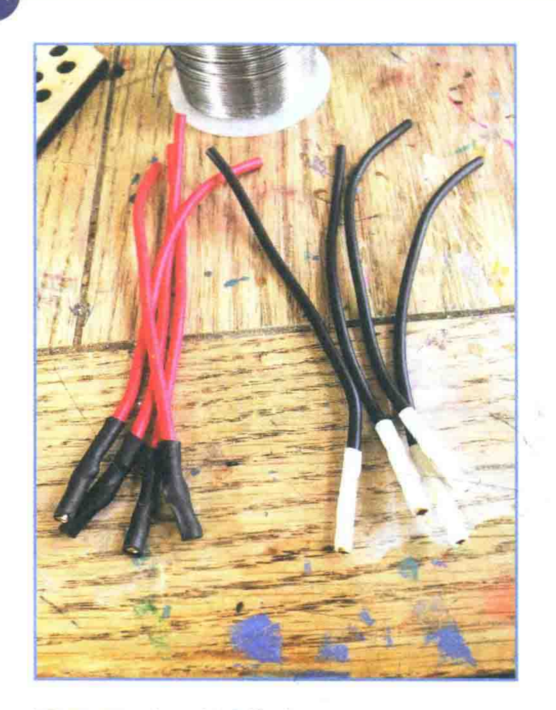


图 10.14 加入插塞接头

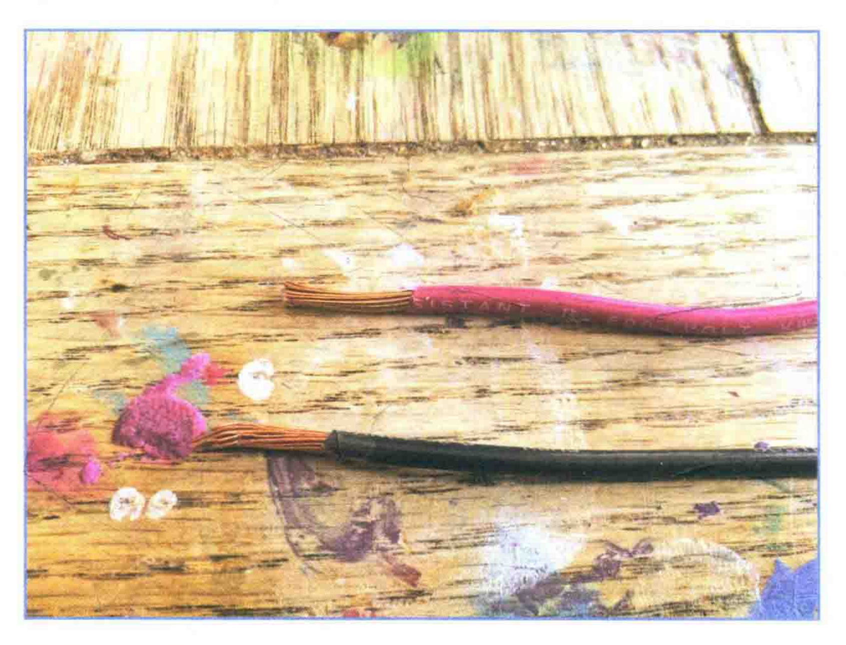


图 10.15 你需要一组更粗的电源线和地线

4. 将电线焊在一起。为 16 号和 12 号电线暴露的线股（去掉半英寸绝缘

层的）上锡。接下来，将 16 号线和 12 号线放在一起，如图 10.16 所示，并将它焊在一起。用热缩管覆盖。



图 10.16 将电线焊接在一起

5. 加上 XT60。XT60 由一对插塞接头和结实的外壳组成，外壳不仅能够防止暴露的金属短路，而且可以避免电池被插反。电池插反可能破坏无人机的电子元件，而且可能导致起火。你需要将母接头连接到电池接线，公接头接到 12 号电线上。在焊接时将它们当成插塞接头处理，不要忘记加上热缩管。图 10.7 展示了外观。

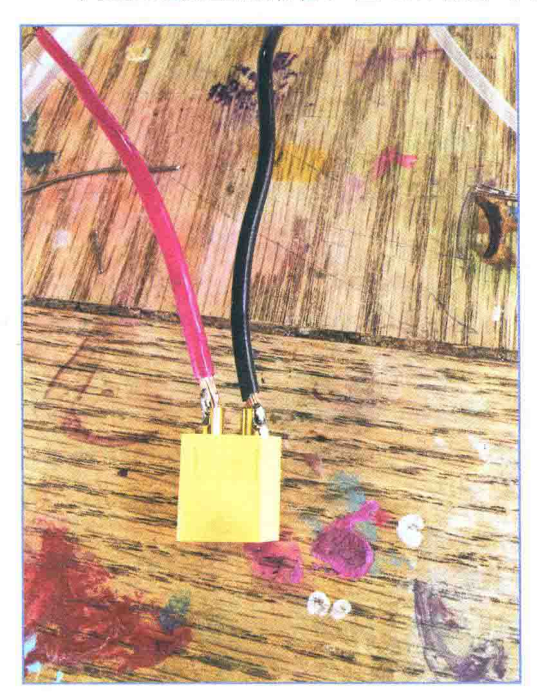


图 10.17 将 XT60 连接器加到电池端和 12 号电线上

6. 连接所有电线！用束线带将电池绑在木制平台上。但是，不要将 XT60 的各端连在一起——我们还没有准备好起飞！抓住 ESC 和马达套装（见图 10.18），将插塞接头组合在一起，使线束的 16 号线头连接到 ESC。

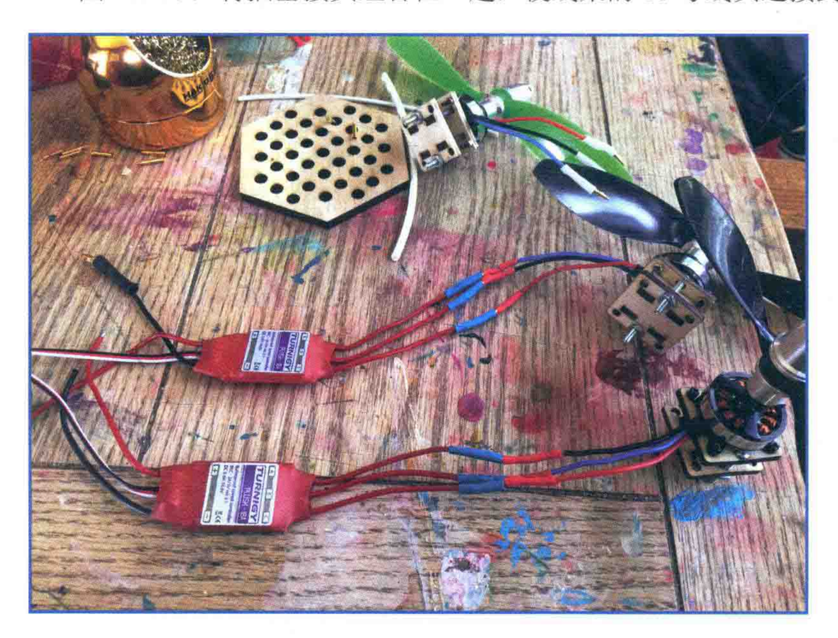


图 10.18 组合插塞接头，将无人机的马达和 ESC 连接到线束

10.4 为飞行控制器和接收机接线

最后一系列步骤将 ESC 控制线和接收机插入 FC。

1. 使用母对母伺服延长线（如 SparkFun P/N 8738）将飞行控制器连接到接收机。
   - 将标记为 THR（油门）的引脚连接到接收机的通道 1。确保正确插入电线：地线应该向着接收机边缘和 MultiWii 的边缘，如图 10.19 所示。
   - 将标记为 ROL（横滚）的引脚连接到通道 2。
   - 将 PIT（俯仰）引脚连接到接收机的通道 3。
   - 将 YAW（偏航）引脚连接到通道 4。
2. 将 ESC 的 3 根线连接到 FC。将电线插入 MultiWii 上标记为 D9、D10、D3 和 D11 的引脚，确保黑线向着飞行控制器印刷电路板的边缘，如图 10.20 所示。

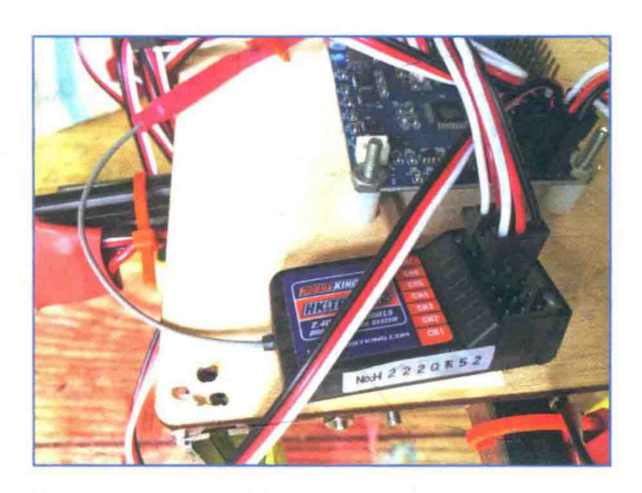


图 10.19 将飞行控制器连接到接收机

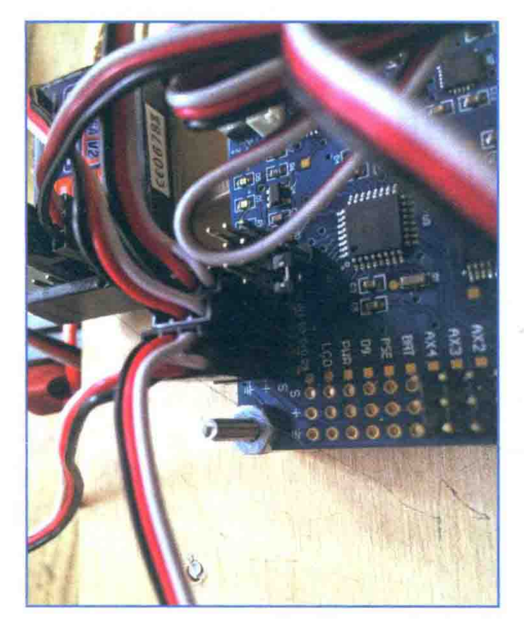


图 10.20 将 ESC 连接到飞行控制器

10.5 小结

在本章中，我们学到了无人机制作者在项目中常用的两种基本电池类型。然后，焊接电池的线束并安装。最后，连接飞行控制器和接收机的线路。在第 11 章中，我们将制作一艘无人小艇，探索附近的池塘或者儿童游泳池。

11

水上无人机项目

在本书中，我们似乎已经学习了能想象到的所有无人机类型，但是还有更多的类型等待我们去发现！在本章中，我们将制作水上无人机——一个用汽水瓶作为浮筒的漂浮机器人（见图 11.1）。但是，在开始项目之前，必须了解制作水上无人机的优势和劣势。我们还要学习两个重要的主题：电子元件如何防水以及如何测试 XBee 网状网络——控制无人机的另一种方式。你将利用这些诀窍，制作用自己组装的小巧手持控制器遥控的小艇。

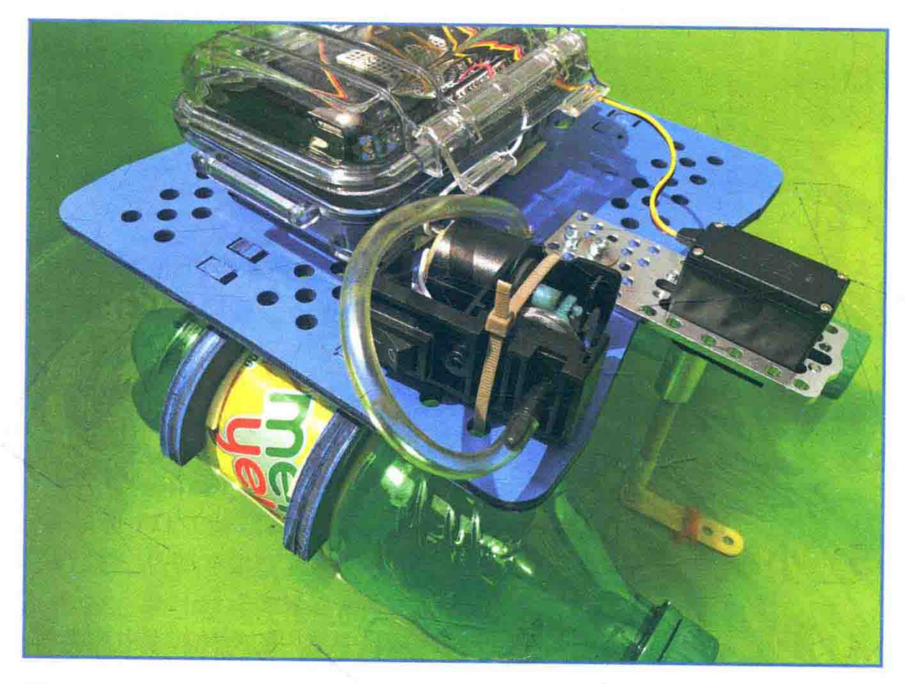


图 11.1 汽水瓶小艇在水池中畅游

11.1 水上电子装置的现实

每个人都知道如果手机掉到浴缸里，将其晾干之后可能已经报销了。由此可知，电子装置和水是难以和睦相处的，但是，在制作水上无人机时，需要考虑的还不仅仅是防水。

11.1.1 水上电子装置的劣势

我们来历数操纵水上无人机时的危险和不便。

- **水会破坏电子装置**——在某种意义上，这是众所周知的危险。Arduino或者其他电子模块可能因为泡在水中而损毁，使无人机“死”在水中。另一方面，你不应该认为所有东西泡在水中都会“不治身亡”。例如，常规的有电刷直流马达可以在水下愉快地运转，只要你可以让它们干透。但是，不要将它们放在盐水中，因为这会很快腐蚀马达的内部结构。
- **排水量是必需的**——“死去”的电子装置和受腐蚀的马达不是唯一的危险。让我们面对现实，无人机必须保持漂浮的状态，不管是用浮筒还是某种排水的船体。后者只有在不倾覆的时候才有效！话虽如此，解决问题有许多选择。图 11.2 中的小艇是用做巧克力蛋糕的盘子制成的！

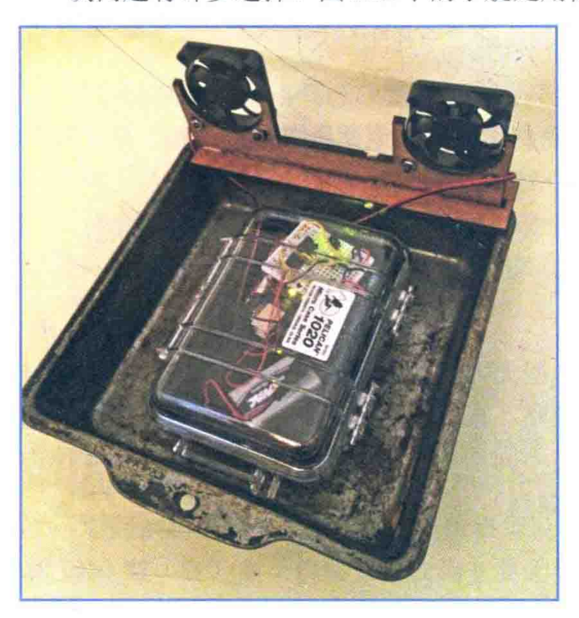


图 11.2 你可以将任何东西制作成小艇，包括这个巧克力蛋糕烤盘

- **空间是必需的**——与四轴直升机和漫游车不同，无人小艇不能在你的后院玩，除非你有一个很大的池子。去附近的公园总是一个选择，只要浅水区里没有孩子。有讽刺意味的是，如果水体比一个湖泊还要大，水上的风浪可能使小艇难以安全操纵。
- **无人机失踪或者容易损坏**——如果将无人机放入大的水体中，有可能再也找不到它了。如果 ROV 陷入河底的淤泥，就不太可能回收它，除非连接了粗壮的缆绳。相比之下，四轴直升机——偶然会飞到遥远的地方——在故障时几乎总能回收，只是有可能摔成了碎片！

11.1.2 水上电子装置的优势

不要让那些不利因素击倒。这类无人机也有一些非常大的优势。

- **摩擦力较小**——水上无人机需要的推动力小于其他类型的无人机，因为水面上的摩擦力远小于陆地（对于陆基无人机来说）。帆船很好地诠释了这一原理，即使很小的风也能帮助帆船在水上航行。这十分有利，因为可以使用相对疯狂的方法推进无人艇。根据这样的想法，本章的项目使用气泵来拖动小艇。
- **设计简单**——水上无人机通常很简单，只需要两个马达——一个用于推进，另一个用于转向。四轴直升机明显需要 4 个马达，许多空中无人机需要更多——6 个或者 8 个马达的型号都并不鲜见。第 13 章中制作的陆基漫游车也需要 4 个马达。
- **多种配置**——你可以在许多不同的配置中选择，从潜水器到气垫船，再到水面航行的小艇。可以制作的漂浮型无人机不止一种，这十分有趣且极具创造力！

11.2 电子元件防水

每个人都知道，制作漂浮型无人机的主要难题是电子元件进水的问题，这种事故很有可能造成短路，损坏元件。保护电子元件的最佳方式是用防水外壳密封。下面描述不同的电子元件封装方法（还有第 4 种选择——化学处理——那更难以做到）。

11.2.1 三明治容器

如果心存疑虑，那就从最便宜的方案开始！ Rubbermaid 的 7 杯装容

器（见图 11.3）相对便宜且容易取得。这种容器也很容易修改，例如钻一个小孔容纳电线，因为价值不高，改造起来也不会犹豫。



图 11.3 这种食品容器可以作为很好的外壳，而且不需要花费太多钱

这种做法的另一种优点是：可以获得任何尺寸的容器，从“小于你的手掌”到“能够容纳感恩节大餐”不等。我在标题中提到三明治，只是因为这对于 Arduino 和电池组来说是合适的配置。

注意，在这一方面花费很多钱并不一定能得到更好的密封性，而密封性才是你想要的。你可能会发现，一元店里卖的盒子和特百惠里卖的一样好。

11.2.2 Pelican 1000 系列

这些硬盒子旨在用来容纳手机和其他宝贵的电子设备，可以保护它们免遭各种破坏，包括泡水（1 米下 30 分钟）、突然的动作和挤压。它们内部有巨大的橡胶垫，作为防潮密封和防止碰撞的缓冲垫。

看起来防护似乎很彻底，但是价格却很合适：图 11.4 中的 1010 型（左）和 1020 型（右）盒子价格分别仅为 9 美元和 15 美元（不同商店可能略有不同）。如果不喜欢这些尺寸，Pelican 还提供各种盒子，最大的盒子需要两个人才能拖动。与 Rubbermaid 的产品一样，可能需要改造这些盒子才能走

线。我从 Amazon 买了 Pelican 盒子，其他在线零售商也提供这种商品。



图 11.4 Pelican 1000 系列盒子很小，但是防水且很结实

11.2.3 密封管状物

图 11.5 中的 OpenROV 潜水器使用了更加自力更生的方法。设计者将电池密封在塑料管中，塑料管配备了可以防潮的密封端盖。

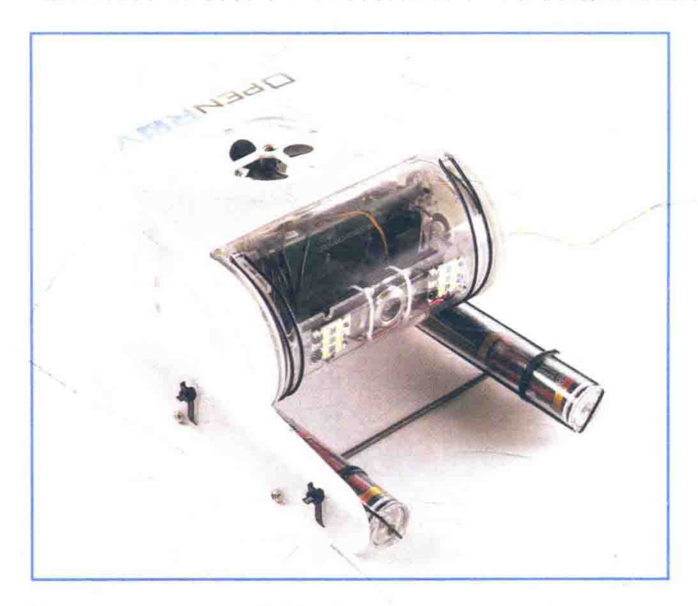


图 11.5 OpenROV 潜水器将电池密封在防水的塑料管中

这种 ROV 的其他版本使用 PVC 管子。你可以在任何五金店购买 PVC，最常见的是和水管有关联的装置，包括各种水密装置。许多能工巧匠可以利用 PVC 的结构性制成家具，但是并没有很多人利用它的防水特性。PVC 材料的用途是将水保存在其内部，当然也能够将水阻挡在外面。

提示

防水的另一个角度是将防水涂料涂在需要防水的物品上，例如 CorrosionX（CorrosionX.com）可以在电子元件上干燥变硬，保护它们免受湿气侵蚀。这种材料没有什么魔法；不要期望无人机在水下运行。但是 CorrosionX 绝对有助于抵御小雨等情况。

11.3 XBee网状网络

我们稍微转一个方向，谈谈另一种无人机控制方式。更确切地说，我们要讨论如何使用控制水上无人机的技术。

网状网络使用 XBee 无线模块（见图 11.6），组成连接多个 Arduino 的灵活方式。在本章的项目中，你只有两个节点：无人机和控制器。但是，这种技术可以连接更多的节点——256 个或者更多，取决于无线电台的型号。

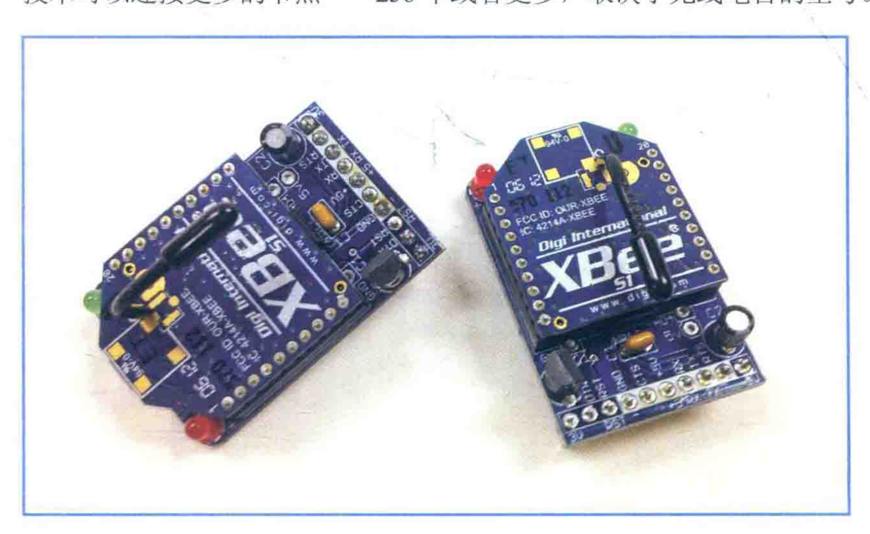


图 11.6 XBee 电台提供简单的现成无线控制能力

网状网络不同于较为层次化的网络，它的所有节点都是对等的：当你发出一个命令时，网络上的每个电台都会听到。为了指挥一个或者另一个电台，必须在软件中指定只注意为该电台发出的命令。这不是你的唯一选择：XBee 有多种配置，可以指定不同类型的网络。

XBee 电台基于 ZigBee——有许多不同风格和副产品的行业标准无线协议。入门级的 XBee 额定功率为 1 毫瓦，通信距离为室内 80 英尺（24.5 米）、室外 300 英尺（91.5 米）。“专业”版本的成本更高，相应提供更大的通信距离：室内 140 英尺（42.7 米）、室外达到惊人的 4000 英尺（1219 米）。专业版本很吸引眼球，但是即使基本型号对短距离无人机也已经很好了。

设置 XBee 网络的更多信息可以参见 Bildr 的 XBee 教程（http://bildr.org/? s=xbee）。adafruit.com 也有一个很出色的教程：https://learn.adafruit.com/xbee-radios/overview。

11.4 项目：汽水瓶小艇

现在我们已经了解了最新的防水技术和 XBee 网络，我们开始着手本章的项目：由两个汽水瓶上的一个木质平台组成的漂浮型无人机（见图 11.7）。这艘小艇由一个气泵推进，用自制的无线遥控器控制。动手吧！

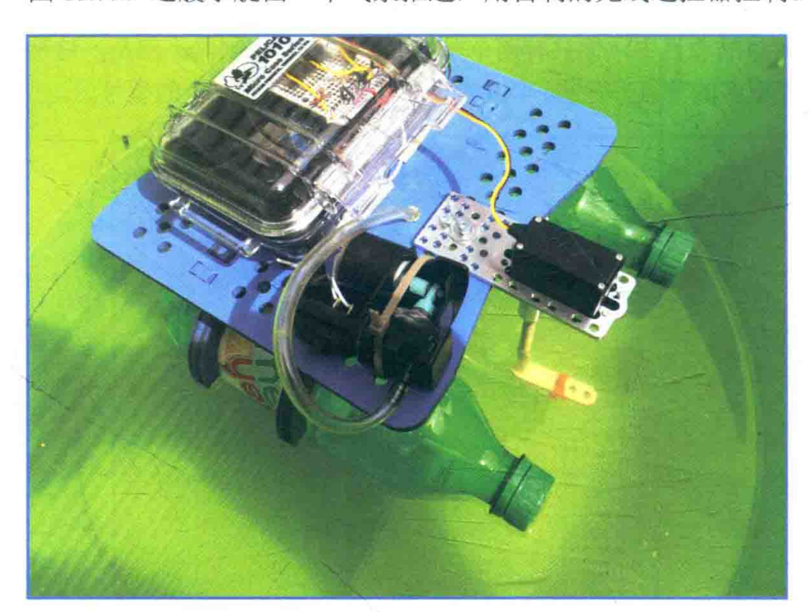


图 11.7 汽水瓶小艇用一个气泵推进，可以无线遥控

11.4.1 零件

制作汽水瓶小艇需要以下零件。

- 激光切割的底盘。你可以从 http://www.thingiverse.com/jwb 下载图样。从 1/8 英寸（3 毫米）的胶合板上切割底盘。
- 两个汽水瓶。我使用典型的 20 盎司 Mello Yello 瓶，沿标签处的直径为 2.7 英寸（约 6.36 厘米），标签上方略粗，然后在颈部缩短到 1 英寸（2.54 厘米）直径。如果你的瓶子不同，应该相应调整激光图案。
- Pelican 盒子（P/N 1010）。
- Arduino UNO。
- 两个 XBee 电台。我推荐来自 SparkFun 的 1 系列（P/N 8665）。需要两个。
- 两块用于管理电台的 XBee 分接板（SparkFun P/N 11373）。
- 电池供电的气泵。越轻越好！你可以在任何宠物店买到这种便宜的吸盘。我从一艘 Marina 充气船上拆下了这种气泵（P/N 11134）。
- 管道。我使用 Tygon B-44-3 吸管，但是管道不一定要符合食品安全规范。任何外径为 1/4 英寸（0.64 厘米），内径为 3/16 英寸（0.48 厘米）的管道都可以。我从 Amazon 购买吸管。
- 伺服机构。Hitec P/N 35646S 之类的防水型号很好，但是对你的需求来说过分了。即使是次微型伺服机构也足以应付这一工作了，我最终使用了 Hitec HS422，在 ServoCity.com 可以买到这种伺服机构以及其他伺服系统。
- 伺服板。我使用伺服板（Actobotics P/N 575144）固定马达。
- 伺服使用的传动轴接头（Actobotics P/N HSA250），这种接头固定木钉的一端，同时和伺服轮毂紧密相连。
- 木钉，0.25 英寸（0.64 厘米）直径，3～4 英寸（7.62～10.16 厘米）长。
- 3 个按钮。你将需要在抬起手指时立刻释放的“瞬时按钮”。SparkFun P/N 9190 是很好的产品。
- 两个原型板。我建议使用来自 Jameco（P/N 616690）或者 SparkFun ProtoShield（P/N 7914）的“穿孔酚醛树脂原型板”。
- 公型排针引脚（SparkFun P/N 12693）。
- TIP120 达林顿晶体管（Adafruit P/N 976）。这种电子开关在 Arduino 给出信号时触发气泵。
- 两个 LED。我们只使用一对——任何旧 LED 都可以。
- 两个 220 欧电阻。SparkFun 销售的一个组合（P/N 10969）中包含一些 220 欧电阻。

- 一个 1N40001 二极管（Adafruit P/N 755）。
- 双面胶带。
- 电线。
- 束线带。

11.4.2 制作无人机

所有零件准备好之后，就可以制作小艇了。制作完小艇之后再制作控制器。

1. 用激光切割底盘。图 11.8 中展示了用胶水固定的瓶架。老实说，制作底盘用封口胶带和硬纸板就能完成，不一定要像图中这么花哨。只要能够固定汽水瓶，使艇体不会进水就行了。



图 11.8 底盘设计包括这些瓶架

2. 将各个部件粘合在一起组成艇体，如图 11.9 所示。胶水干了之后，用你所喜欢的喷漆覆盖防潮。
3. 用双面胶带固定 Pelican 盒子（见图 11.10），也可以使用束线带。更彻底的做法是在底部钻出安装孔，用螺丝固定艇体——但是这明显会降低水密性。我将艇体放在汽水瓶上但是还没有固定。



图 11.9 组装艇体



图 11.10 将 Pelican 盒子固定在艇体上

4. 按照以下子步骤，焊接无人机 Arduino 分接板。

a. 将排针引脚插入分接板（见图 11.11），它们应该遵照 Arduino 的引

脚。甚至可以使用 Arduino 本身固定引脚，同时从上方焊接它们以保持平直。

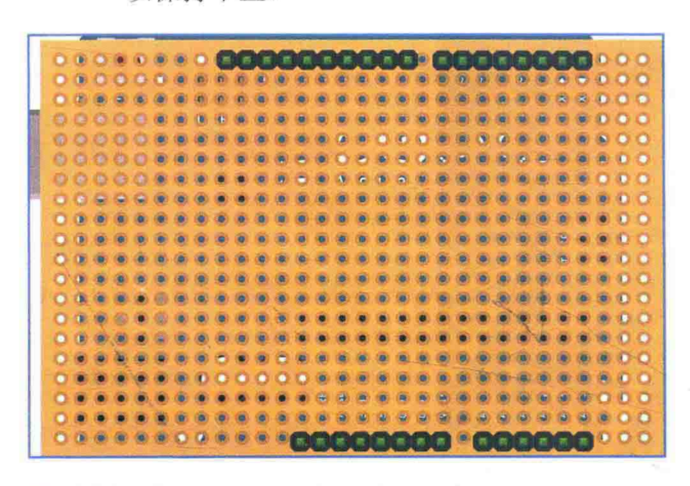


图 11.11 将排针引脚焊接到电路板上

b. 将 XBee Explorer 焊到板子上，使用电线将其引脚连接到对应的 Arduino 引脚。数据输出（见图 11.12 中的粉红色线）连接到 Arduino 的第 3 引脚，数据输入（蓝色）连接到第 2 引脚。电源（红）和地线（棕）连接到 Arduino 的对应引脚。

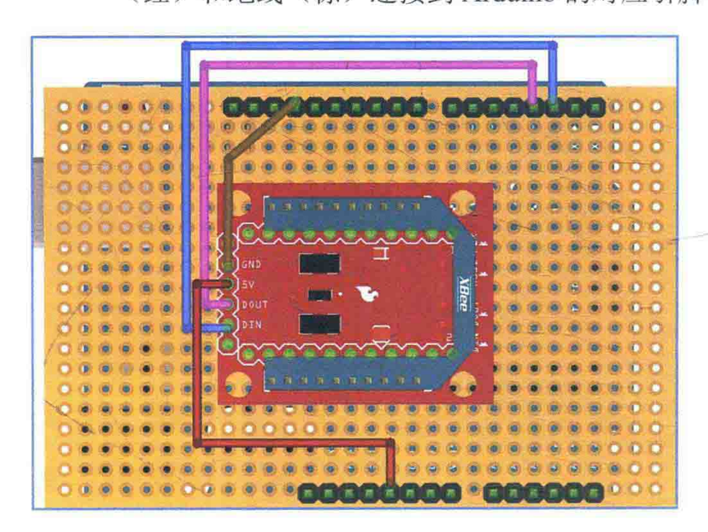


图 11.12 加入 XBee Explorer.

c. 我们打算增加一个状态 LED，在 Arduino 加电时点亮。将 5V 电源连接到 LED 的正极，中间接上一个 220 欧电阻。我使用

图 11.13 中的橙色线。将 LED 负极连接到地（图中的黑色线）。

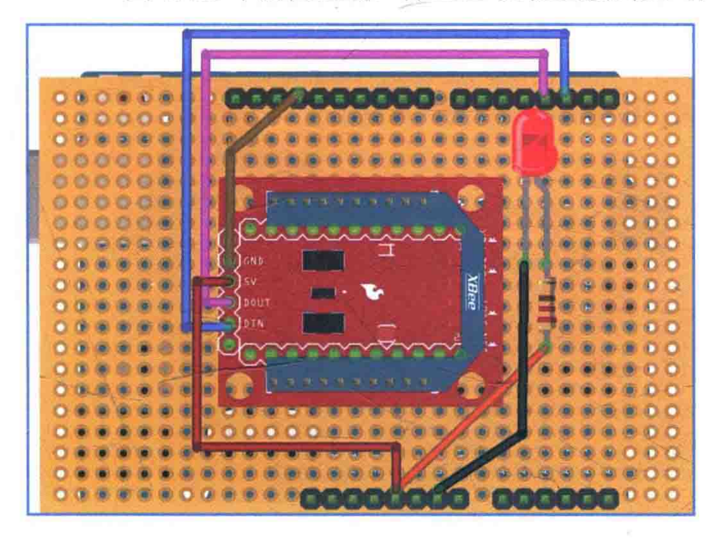


图 11.13 焊接测试 LED 和电阻

d. 在板上加入 TIP120，最左边的引脚（称为基极）通过一个 2.2KΩ 电阻连接到 Arduino 的第 11 引脚，如图 11.14 中的紫色线所示。最右侧的引脚（称为发射极）连接到 Arduino 的地线——图中的蓝绿色线。

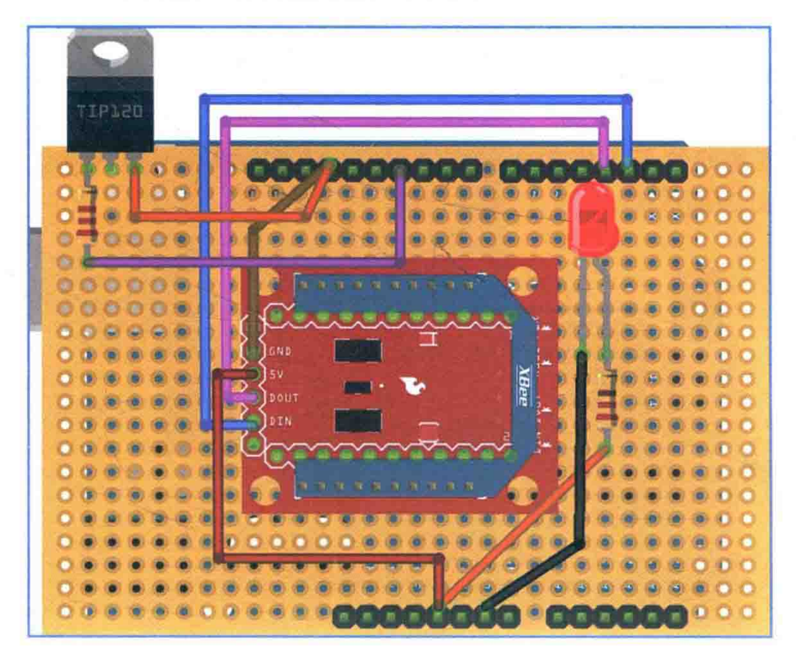


图 11.14 在板上焊接 TIP120 晶体管

e. 加入气泵和二极管。二极管帮助阻止马达的自反馈，每当使用直流马达时，这都是一个好主意，这个气泵就是一个例子。马达的一极（图 11.15 中的绿色线）连接到 Arduino 的 3.3V 引脚，另一极（黄）插入二极管的中央引脚（集电极）。

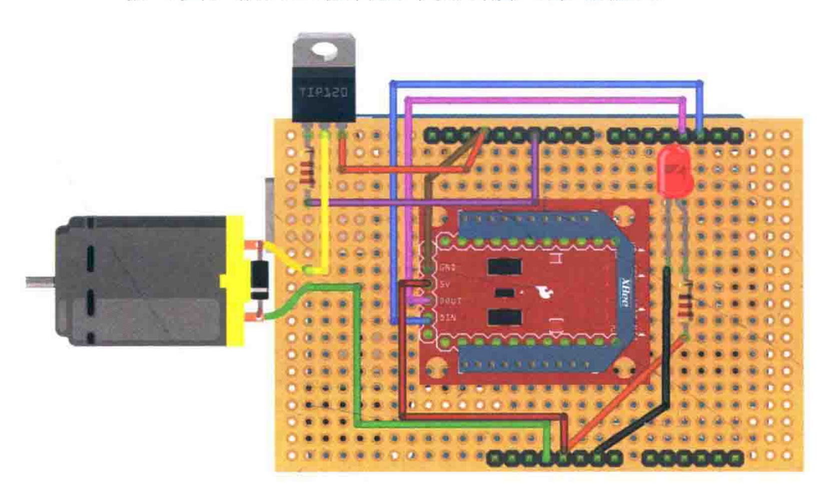


图 11.15 连接气泵和二极管

f. 加入伺服机构。黄白条纹线（见图 11.16）是数据线，连接到 Arduino 的第 9 引脚。其他两根线（红和黑条纹）分别连接到 5V 和地线。你通常会遇到线端有插头的伺服机构。如果是这种情况，可以焊接公型排针引脚，将其插入伺服机构中。

g. 当你准备好给无人机加电时，将 9V 电池连接到电池座并插入 Arduino 的桶形接口。

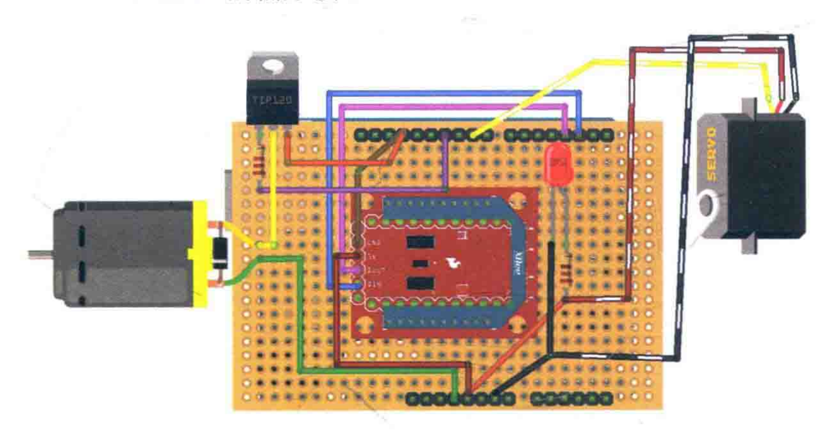


图 11.16 接下来，连接伺服机构

5. 用束线带将气泵固定在艇体上（见图 11.17）。输出管可以指向任何方向，一段塑料管会将气流导向我们想要的方向。



图 11.17 用束线带固定气泵

6. 在伺服板的帮助下将伺服机构固定在艇体上，如图 11.18 所示。

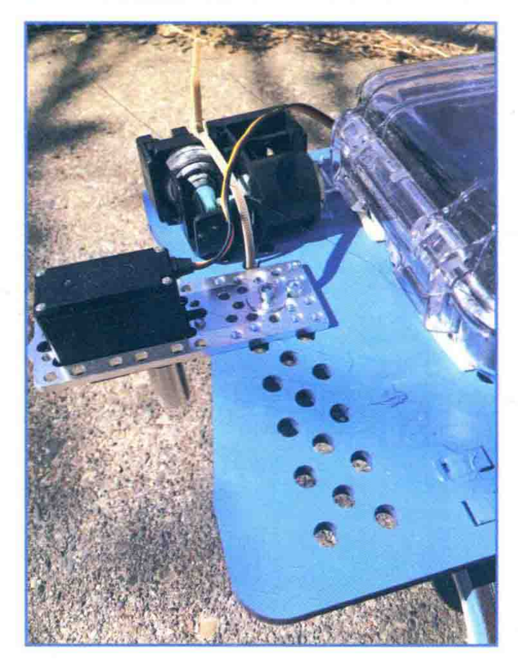


图 11.18 将伺服机构固定在艇体上

7. 用联轴器将木钉连接到伺服机构，如图 11.19 所示。只要将其放在伺服轮毂的齿条上，然后用马达所配的伺服臂螺丝固定。将木钉插入联轴器一端 5 毫米，并用搭配的固定螺丝固定。与此同时，将管座用胶水固定在木钉一端——这个小部件和艇体的其余部分都采用打印输出。

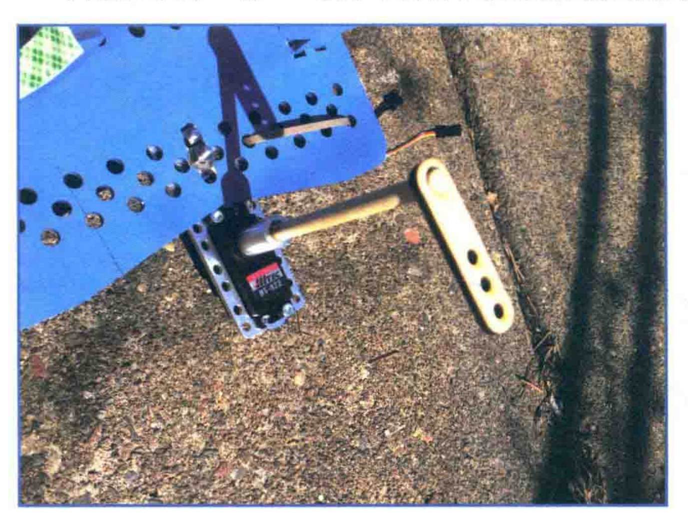


图 11.19 将木钉安装到伺服机构上

8. 在 Pelican 盒子中放入电子套件，确保将气泵和伺服机构安装到合适位置的电线足够（见图 11.20）。你可能需要改装盒子，使电线能够伸出，但是这将会影响盒子的水密性；这是必要的牺牲。

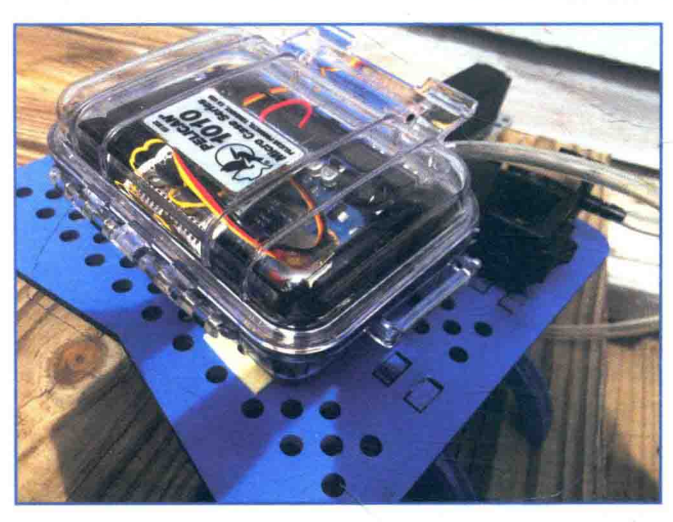


图 11.20 将电子装置放在 Pelican 盒子中

9. 将一根管子插入气泵的输出口，穿过艇体上的小孔——如有必要就钻一个。图 11.21 展示了外观。

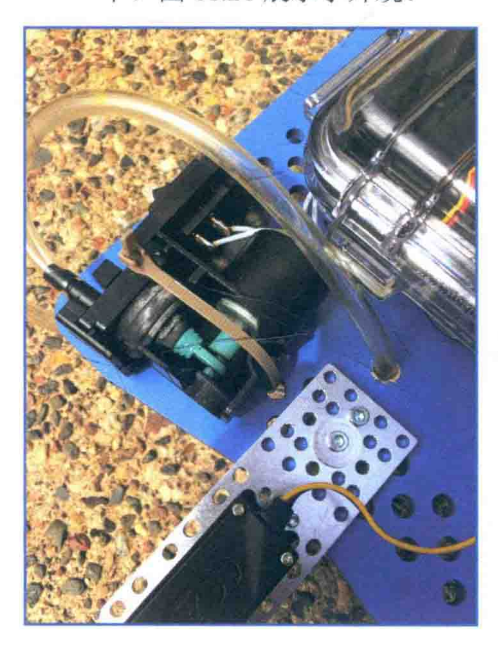


图 11.21 将管子穿过艇体上的小孔

10. 用束线带将管子固定在木钉上的管座，如图 11.22 所示。

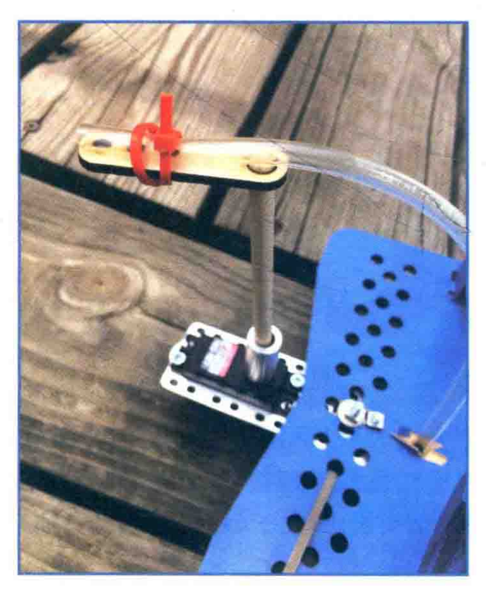


图 11.22 调整输出管道角度，向前推进无人机

11. 无人机五金件制作的最后一步是用双面胶带将汽水瓶固定在艇体上，如图 11.23 所示。简单地沿着瓶架内部缠绕胶带即可。

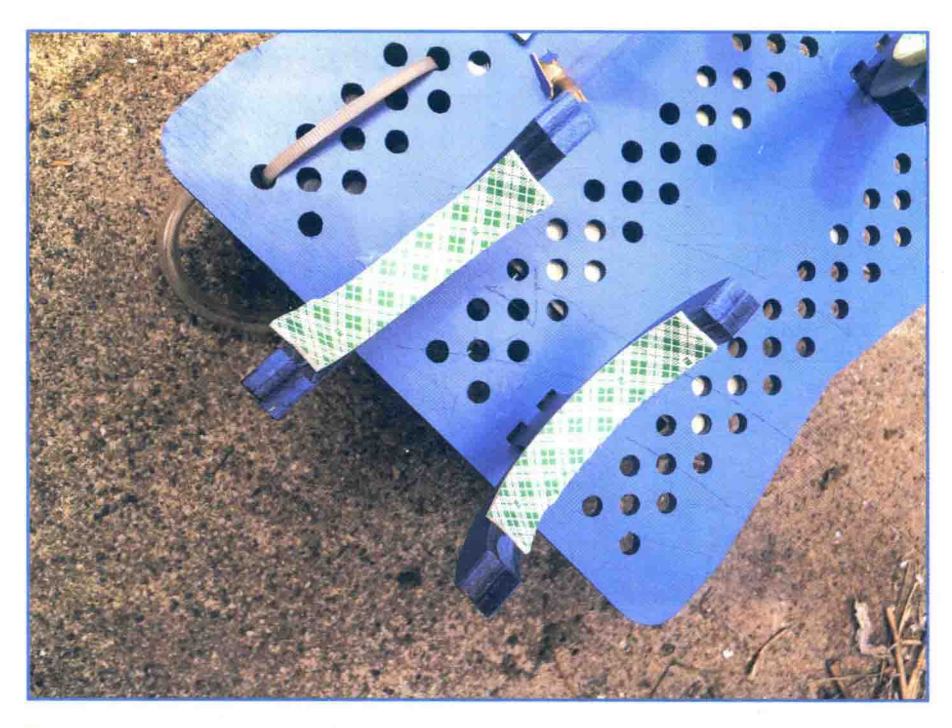


图 11.23 在瓶架上使用双面胶带

11.4.3 制作控制器

控制器和无人机电子套件一样有 XBee 和 Arduino，但是可以用两个按钮代替马达。按照下面的步骤进行。

1. 组装电子套件。根据下面的子步骤完成组装。

a. 与无人机电路板上一样，在分接板上加入排针引脚，如图 11.24 所示。

b. 将 XBee Explorer 焊到板子上，使用电线将其引脚连接到对应的 Arduino 引脚，这和前面所做的一样。我使用和前面相同的电线颜色：数据输出（图 11.25 中的粉红色线）连接到 Arduino 的第 3 引脚；数据输入（蓝）连接到第 2 引脚。电源（红）和地线（棕）连接到 Arduino 上的对应引脚。

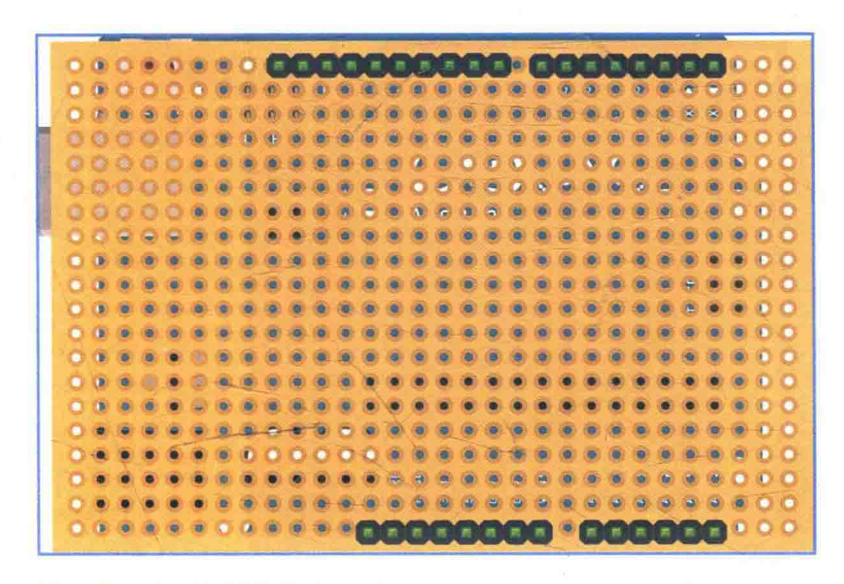


图 11.24 将排针引脚焊到面包板上

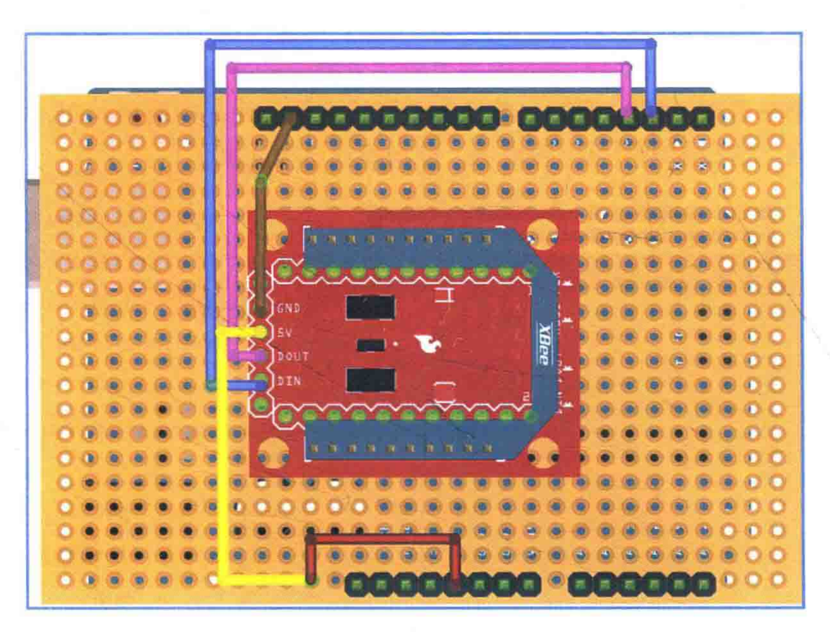


图 11.25 加入 XBee Explorer

c. 和前面一样焊接状态 LED。将 5V 连接到 LED 正极，中间加上一个 220 欧电阻。我使用图 11.26 中的橙色线。将 LED 的负极连接到地线，如图中的黑色线所示。

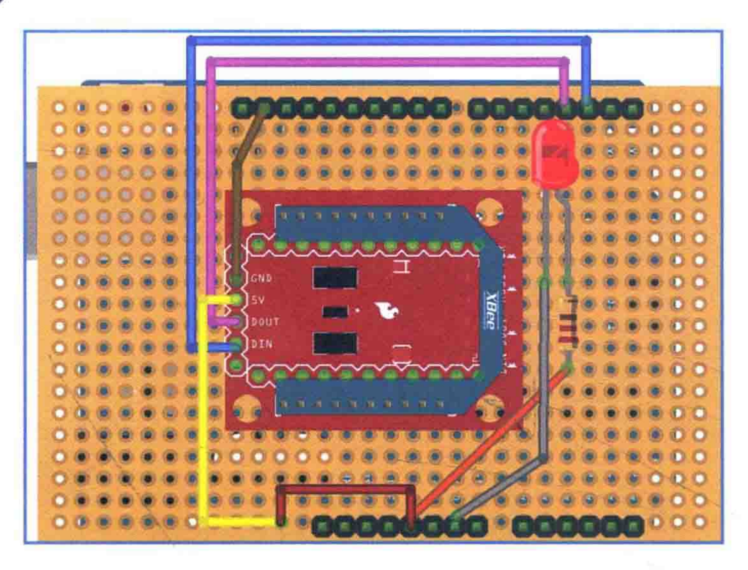


图 11.26 焊接测试 LED 和电阻

d. 增加一对按钮。它们的一极都连接到 5V 电源（图 11.27 中的紫色线），负极连接到 Arduino 的某个数字引脚——第 6 引脚（橙色线）和第 7 引脚（绿）。最后，将负极引脚连接到地线，中间加入 2KΩ 电阻。这在图中用黑色线表示。控制器就这样完成了！

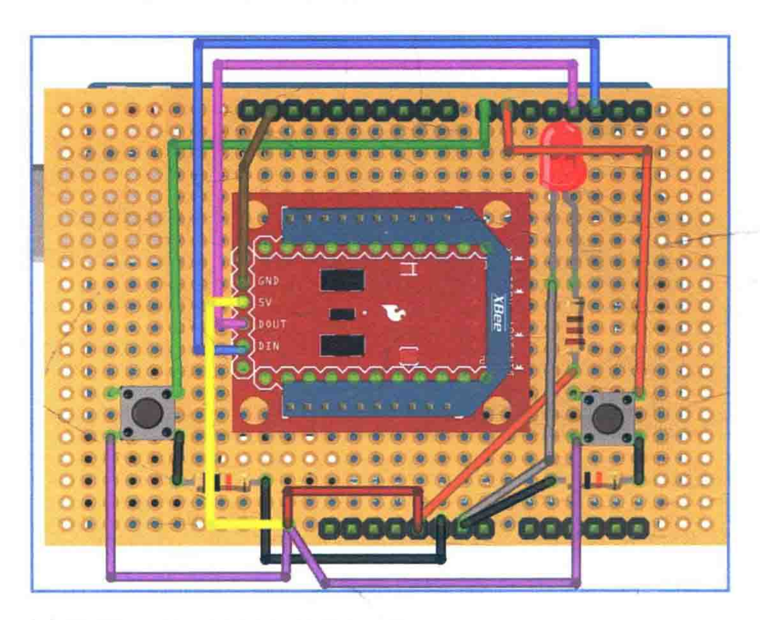


图 11.27 按钮控制小艇的航行方向

11.4.4 编程汽水瓶小艇

至少对我来说，XBee 网络可以使控制器和无人机处于同等地位，是令人痴迷的——理论上，无人机可以向控制器发送命令。因此，你可以在两个单元上运行相同的代码。我们正是这么做的，所以，可以将下列代码上传到两个 Arduino：

```
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
//lets initialize a number of variables and constants
Servo myservo;
const int pumpPin = 11;
const int button1Pin = 6;
const int button1Pin = 7;
int button1State = 0;
int button2State = 0;
void setup()
{
myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(6, INPUT);
pinMode(7, INPUT);
pinMode(button1Pin, INPUT_PULLUP);
pinMode(button2Pin, INPUT_PULLUP);
}
void process_incoming_command(char cmd)
{
  switch (cmd) {
  case '1': //left
    myservo.write(30); //turn the servo to 30 degrees
    delay(15);
    digitalWrite(pumpPin, HIGH);
    delay(1000); //turn on the pump for 1 second
    digitalWrite(pumpPin, LOW);
    break;
```

```
    case '2': //right
      myservo.write(150); //turn the servo to 150 degrees
      delay(15);
      digitalWrite(pumpPin, HIGH);
      delay(1000);
      digitalWrite(pumpPin, LOW);
      break;
    case '3': //forward
      myservo.write(90); //turn the servo 90 degrees
      delay(15);
      digitalWrite(pumpPin, HIGH);
      delay(1000);
      digitalWrite(pumpPin, LOW);
      break;
    default: //if no command is issued, the pump stops
      delay(1000);
      break;
    }
}

void loop()
{
    if (Serial.available() >= 2)
    {
      char start = Serial.read();
      if (start != '*')
      {
        return;
      }
      char cmd = Serial.read();
      process_incoming_command(cmd);
    }
    // Let's interpret the button-presses.
    button1State = digitalRead(button1Pin);
    button2State = digitalRead(button2Pin);
```

```
  if (button1State == HIGH) && if (button2State == LOW) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(1);
  }
  if (button1State == LOW) && if (button2State == HIGH) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(2);
  }
  if (button1State == HIGH) && if (button2State == HIGH) {
    Serial.write('*');
    Serial.write(3);
  }
}
```

11.5 小结

本章中，我们学习了有关水上无人机的知识，并实际动手制作了一艘。在第 12 章中，我们将完成四轴直升机的硬件制作，加入一个 3D 打印的摄像机支架，使其可以在空中拍摄照片。



制作四轴直升机V：附件

目前为止，在四轴直升机项目中，我已经介绍了飞行控制、马达和电池等重要主题。现在进入了有趣的类别：其他一切附件！你可以为自己的“飞鸟”订购许多附加组件。在本章中，我们将学习装饰无人机的一些选择。然后，我们将为四轴直升机增加一块防护板和一个摄像头支架——在图 12.1 中可以看到完整的无人机。

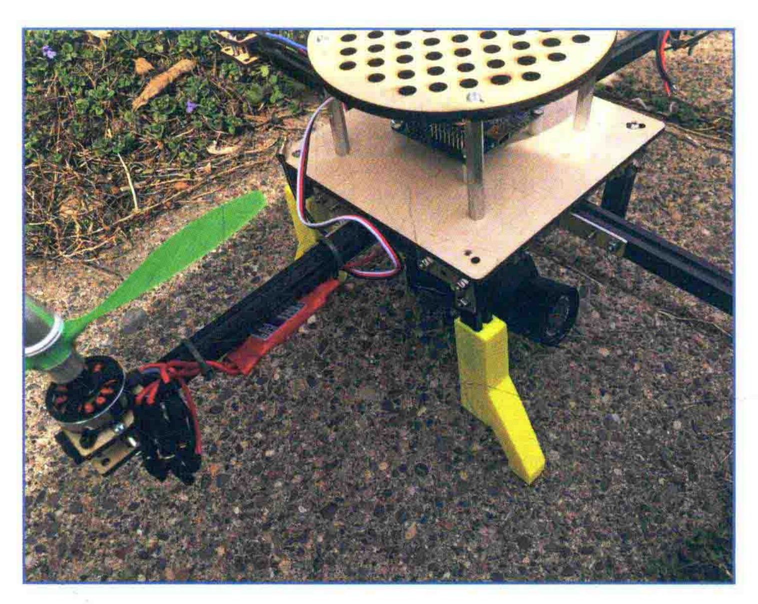


图 12.1 在本章中将完成四轴直升机的物理制作

12.1 为四轴直升机增加附件

我们已经得到了一架四轴直升机——现在做什么？许多四轴直升机驾

驶员寻求添加摄像头、第一视角视频装置和防护板等附件。我们来了解一些这方面的选择。

12.1.1 摄像头

你可能遇到的最耀眼的附件是摄像头，它有很明显的吸引力：可以从人类不能得到的视角上拍摄照片。实际上，摄像头可能是最受欢迎的附件，有些人甚至出售无人机拍摄的影片来牟利，但是最近的法律给这一行当蒙上了阴影。

摄像机支架的一个子类是机动、可控的旋转支架——云台。云台使我们能够控制摄像头的拍摄角度，此外还可以触发摄像头的快门。大部分时候云台都是和四轴直升机一起使用的，但并不总是如此！固定翼飞机和漫游车也可以从安装这些设备中获益。

许多航空摄影师选择 GoPro Hero（GoPro.com），它为耐用、防水（40米）高速摄像设定了标杆。可以找到许多 GoPro 的粉丝，他们分享无数的技术、3D 打印支架和第三方附件。另一个流行的型号是 Coutour ROAM（见图 12.2）。这种产品比 GoPro 便宜，但是功能也较少。在本章后面，我将阐述在四轴直升机上加入类似摄像机的方法。



图 12.2 Contour ROAM 是无人机摄像的常见选择

12.1.2 第一视角视频（FPV）

机载 GoPro 可以拍摄出色的视频，但是如果没有人从取景器中观察，它

的效果就会大打折扣！有时候你希望看到摄像头将要拍摄的景物，这就是FPV的作用。FPV设置由一个小型低分辨率摄像头和发射机、天线组成。视频信号从一个相匹配的接收机上查看，接收机上有一个小的监视器。有趣的是，有些FPV套装包含视频目镜，允许你通过四轴直升机的“眼睛”观察！

FPV的一个有趣用途是用于早期的无人机竞技。我说的是无人机竞赛，驾驶员们引导无人机穿越不同路线，同时通过无人机的“眼睛”观察。Game of Drones（gameofdrones.com）公司组织了“空战”活动，最后一架保持飞行的四轴直升机获得优胜。他们甚至向参赛者和其他爱好者出售坚固的“Hiro”机身。

图12.3展示了无人机制作者Steve Lodefink的四轴直升机特写，可以看到前方的FPV摄像头。还可以看到覆盖电子装置的外形美观的防护罩。



图12.3 这架四轴直升机的FPV镜头从塑料防护罩中伸出（图片来源：Steve Lodefink）

12.1.3 起落架

起落架不仅能保持无人机离地，而且还能够为安装在底部的摄像头提供空间，保护其免遭撞击。可以购买类似图12.4中的这种结实（而且庞大！）的套装。它包含安装垫片，可以将摄像头固定在直升机下方，由起落架提供保护。有许多这类套件，通常专门与特定四轴直升机型号配套。

但是，许多套件都可以在改装后用于另一种类型的无人机。图中的套件是为大疆 F450 四轴直升机设计的无名克隆产品，但是也可以用于类似大小、具有中心板连接系统的四轴直升机。



图 12.4　许多四轴直升机驾驶员换用不同的起落架

当然，我总是建议直升机制作者访问 Thingiverse 和类似的 3D 打印机设计网站。它们提供大量不同的可打印起落架支柱，包括许多（和商业套件一样）用于特定无人机型号的设计。实际上，本书的四轴直升机项目所涉及的零件可以在我的 Thingiverse 页面（http://www.thingiverse.com/jwb）上找到。

12.1.4　降落伞

每个四轴直升机驾驶员都害怕看到自己的“飞鸟”从空中坠落，在地面上摔成碎片。重力在这时候太不合理了！一个解决方案是增加一个失去动力时自动打开的降落伞。

降落伞系统绝对称不上是四轴直升机领域的主流，但是确实有少数商业化的系统。Skycat Recovery Launchers（Skycat.pro）价格为 600 美元（一大笔钱！），但是考虑到你可能有携带更昂贵摄像头的高价无人机，600 美元也很合理。Skycat 回收系统如图 12.5 所示。

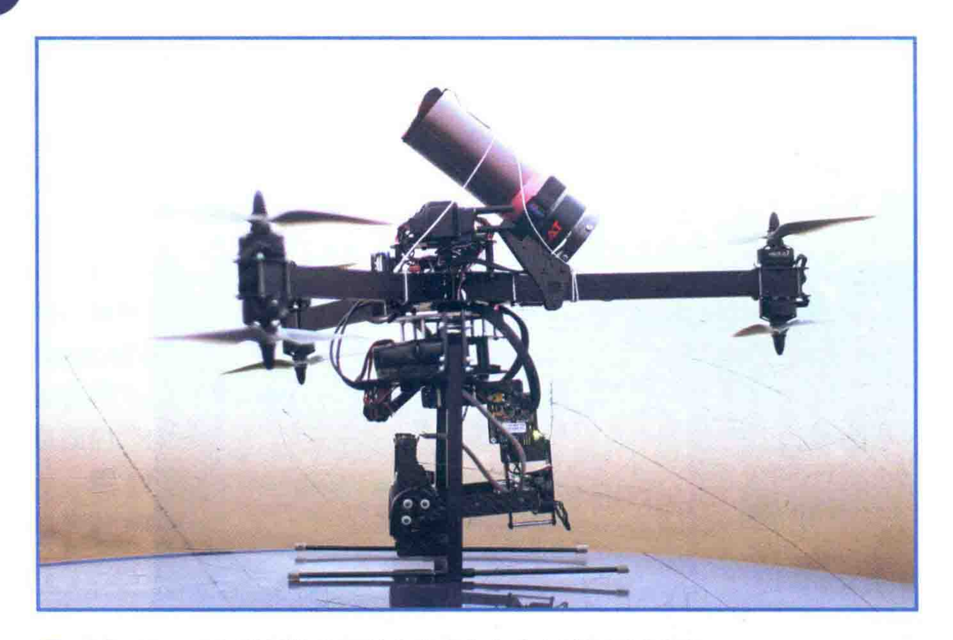


图 12.5 Skycat 回收系统在四轴直升机失去动力时打开降落伞
（图片来源：Skycat）

机载降落伞的使用有一天可能会立法，因为四轴直升机日益增多，可能导致更多的人被坠落的无人机击中。

12.1.5 防护板或防护罩

有时候，我们会看到带有防护板或者防护罩以保护电子装置的四轴直升机。在直升机坠落时，我们可能不希望看到心爱的微控制器摔碎。推进器断裂是一回事，看到价值 200 美元的飞行控制套装撞击草坪就完全是另一回事了。

显然，如果我们的无人机撞到岩石或者水泥板，世界上没有任何防护板能救得了它。但是，许多偶然发生、相对柔和的小坠机事故也可能损坏四轴直升机。

在制作无人机时，我们可能想要制作自己的防护板，但是商业化产品也是一种选择。许多防护板是随你购买的机身提供的，但是也可以找到经过改造适用于任何四轴直升机的独立产品。

有趣的一种做法是再利用旧的摄像机罩。我所说的是用于镜头防潮和防指印的半球形防护罩。图 12.6 中的防护罩对我们的项目来说太小，但是防护 FPV 摄像机足够了。

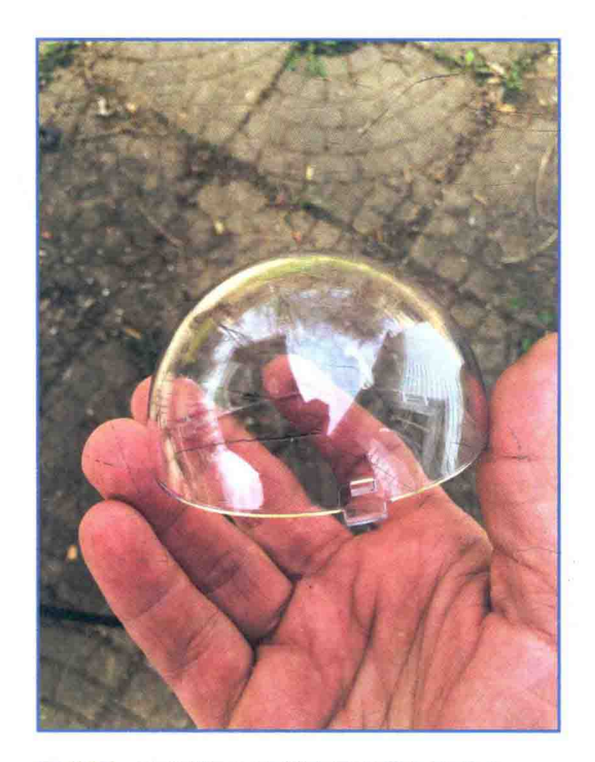


图 12.6 防护罩可以保护电子装置免遭撞击

12.1.6 推进器防护装置

推进器防护装置保护推进器免遭偶然的损坏，但是它们仍然是无人机上最可能遭到破坏的组件。大部分推进器防护装置只是沿推进器边缘放置的简单塑料环，当然有些装置的结构更复杂，看上去像是包围推进器的小笼子。还有一些一体化机身元件可以保护推进器，它们实际上是将推进器嵌入机身之中。

因为推进器容易损坏，因此推进器防护装置有无数配置和样式。可以在爱好者商店和网站上找到这些装置，还可以从 Thingiverse 上下载更多设计，将其打印输出。图 12.7 中的防护装置（http://www.thingiverse.com/thing: 652455）是为大疆 Phantom 2 Vision 设计的。

12.2 项目：为四轴直升机增添附件

在四轴直升机物理制作的最后一步中，我们将为四轴直升机增加防护

板、起落架、摄像头支架。这是画龙点睛之笔，可以使无人机更加出色。图 12.8 展示了安装这些部件的无人机。

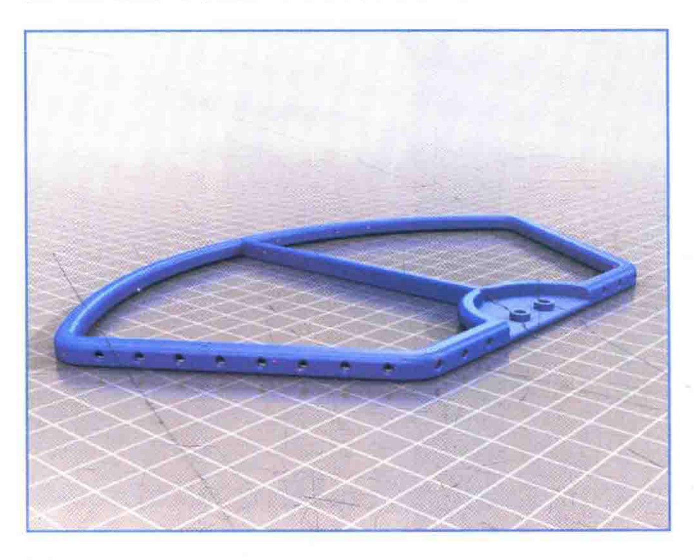


图 12.7 3D 打印的推进器防护装置（图片来源：yuppchukno，知识共享协议）

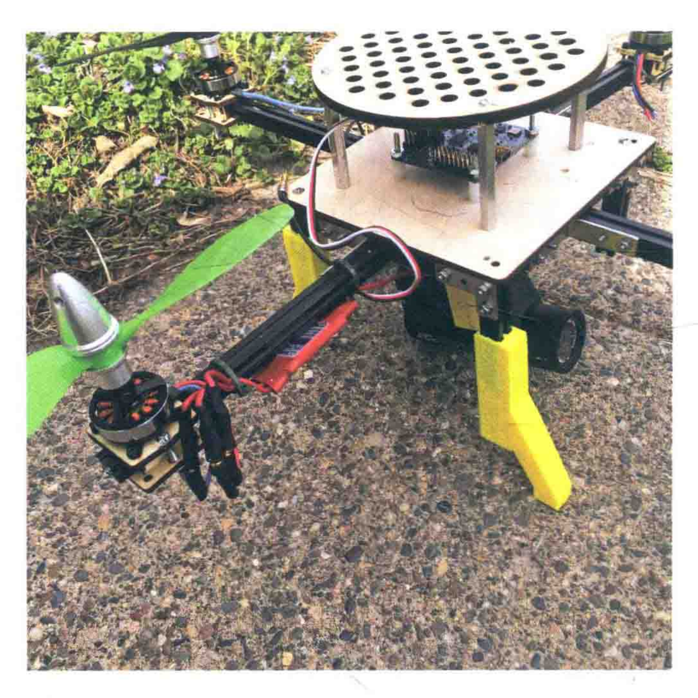


图 12.8 配备酷炫新附件的四轴直升机项目

12.2.1 安装摄像头支架

我们使用两个 Thingiverse 文件以安装摄像头支架：renelm 的带有 GoPro 适配器的 CoutourHD 支架（编号 423077）和 ark19 的 GoPro Arca Mount V2（编号 234654）。Thingiverse 和其他协作平台的优点是，两个制作者可能在不知不觉中为你的项目作出贡献！你只要打印他们完全兼容的设计并将其连接起来就行了。图 12.9 中可以看到这两个部件。



图 12.9 摄像头和打印出来的漂亮支架

如果无法使用 3D 打印机，则可以购买任何商业化的支架。推荐使用 HitCase（hitcase.com）支架，该公司擅长制作防水和防撞击手机外壳和坚固的支架。

1. 打印前述的两个 Thingiverse 部件、带有 GoPro 适配器的 ContourHD 支架（http://www.thingiverse.com/thing:423077）和 GoPro Arca Mount（http://www.thingiverse.com/thing:234654）。在图 12.10 中可以看到这些打印成品。
2. 将零件连接在一起，并用 4 号 1 英寸螺丝固定。图 12.11 展示了外观。

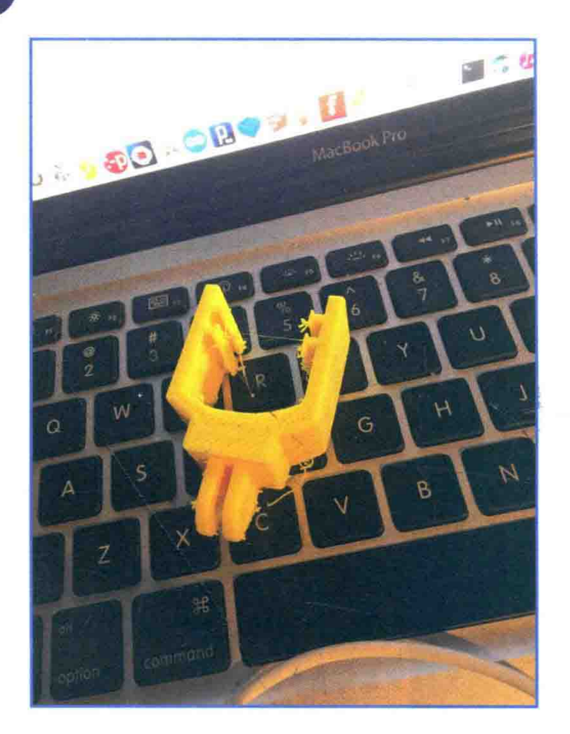


图 12.10 刚刚从打印机“出炉”的摄像头支架

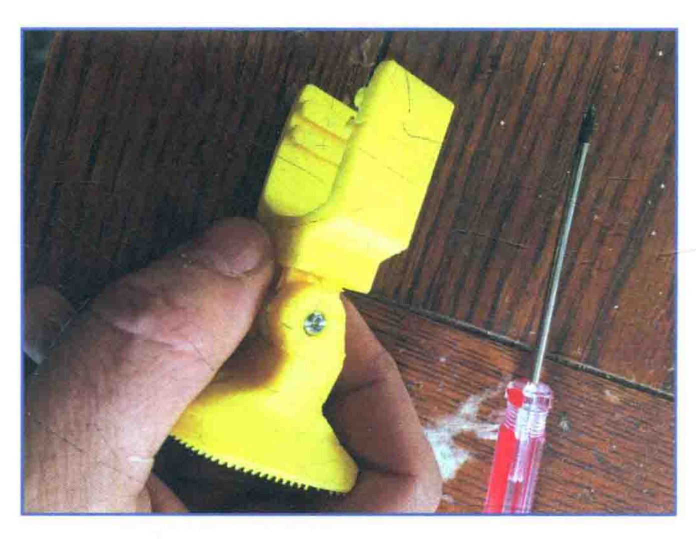


图 12.11 将两个部件连接在一起

3. 翻转四轴直升机，将摄像头架固定在木制平台下方，根据需要钻孔（见图 12.12）。使用 4 号 3/4 英寸螺丝固定。

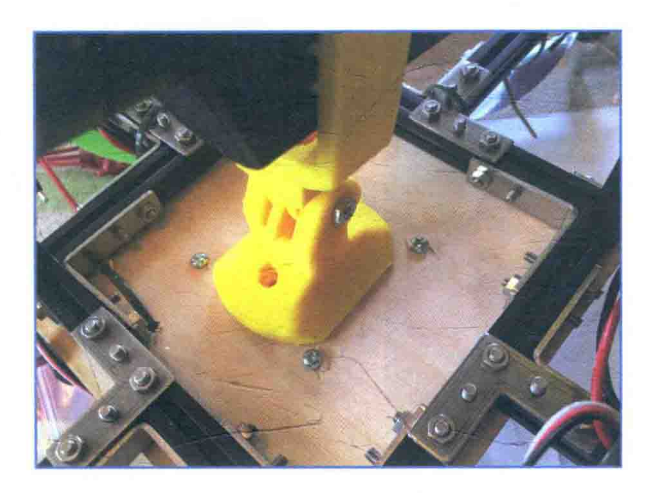


图 12.12 将支架固定在平台下方

12.2.2 安装起落架

现在，你需要在四轴直升机现有的支柱上安装合适的起落架。我用 SketchUp 设计了起落架，虽然不漂亮，但是很实用。起落架支柱有和 MakerBeam 横梁截面相匹配的空洞。可以在图 12.13 中看到渲染中的起落架。

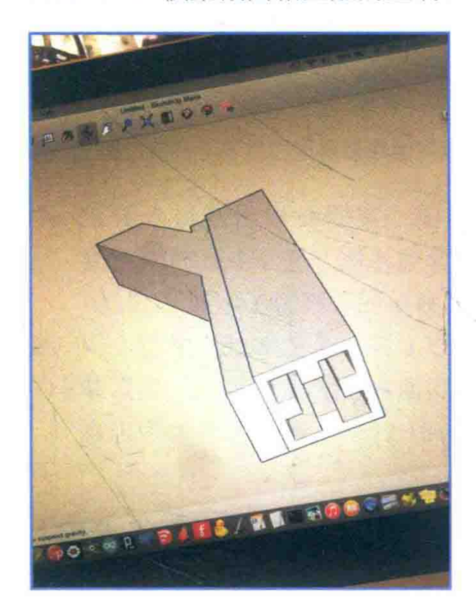


图 12.13 在 SketchUp 中设计起落架

1. 打印起落架。文件可以在 http://www.thingiverse.com/jwb 上找到。图 12.14 展示了打印出来的一根起落架支柱。



图 12.14 起落架由 4 根这样的支柱组成

2. 支柱清理干净之后（内部可能需要用小锉刀处理！），就可以将 3D 打印的部件插入 MakerBeam 支柱上，如图 12.15 所示。对我来说，零件的公差很小，刚刚好能够插入，如果你发现零件有点松，可以使用热熔胶避免其掉出。如果一切正常，摄像头应该有合理的间隙。

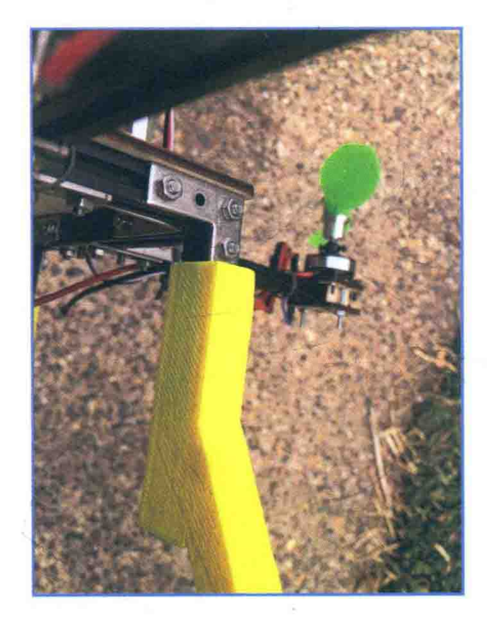
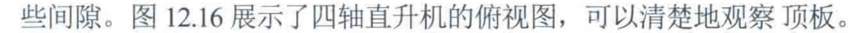


图 12.15 插入 3D 打印的支柱

12.2.3 安装顶板

顶板由激光切割的模板和 4 根铝制压铆螺母柱组成，为电子装置提供一



些间隙。图 12.16 展示了四轴直升机的俯视图，可以清楚地观察 顶板。



图 12.16 四轴直升机的顶板是添加的最后一个组件

1. 用激光切割出设计图案，图案可以从我的 Thingiverse 页面上下载。我使用的是 1/4 英寸桦木胶合板——我最喜欢的激光切割机用材料。图 12.17 展示了切割好的顶板。
2. 用 2 英寸（5.08 厘米）的 4 号公对公铝压铆螺母柱或者类似的东西安装顶板。你可以在任何体面的紧固件商店找到压铆螺母柱，在许多五金店中也可以买到。图 12.18 展示安装附件的四轴直升机成品。

12.3 小结

本章我们添加了一个 3D 打印的摄像头支架并研究了一些四轴直升机附件，完成了四轴直升机项目的硬件部分。现在就剩软件部分了！但是，我们要先制作另一种无人机。

在第 13 章中，我们将学习如何改造商业化无人驾驶车辆，以搭载 RFID 传感器。



图 12.17 激光切割的顶板可以保护四轴直升机的顶部

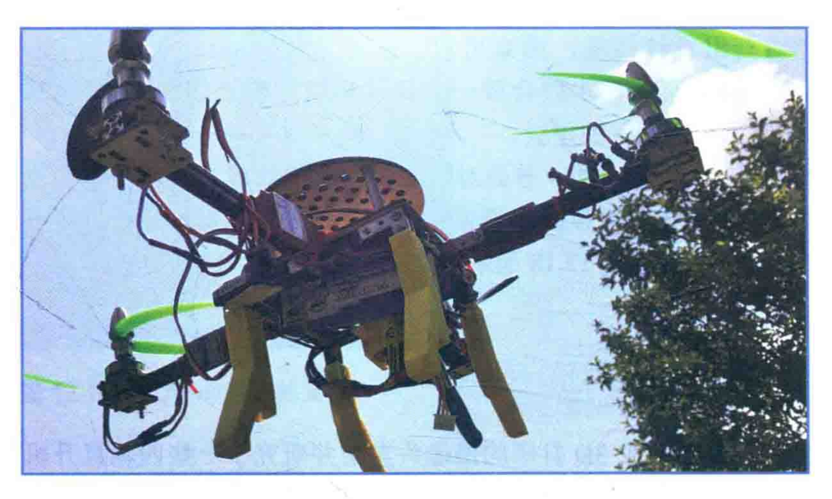


图 12.18 已经完成了四轴直升机硬件的制作

13

制作漫游车

我们在本书中要探索的最后一种无人机是漫游车，这是可以在你的后院（或者任何地方）承担探测和震慑宠物任务的无人驾驶车辆。图 13.1 中通过 RFID 导航的 Nomad 漫游车由携载马达的坚固铝制底盘、庞大的凸块高花轮胎和塑料外壳组成。在这一平台上还添加了一个传感器套装，包括 RFID（无线电射频识别）传感器和一个超声波传感器。



图 13.1 RFID 导航的 Nomad 漫游车按照 RFID 标签的引导转向

但是，在我们着手该项目之前，我们必须先了解对于专门在地面行走的漫游车来说既是挑战又是机遇的因素。然后，我们将研究制作入门级漫游车的不同底盘选择。最后，我们将学习 RFID 标签用于漫游车导航的方法。这种机器人很有趣！

13.1 漫游车的优势和劣势

与其他类型的无人机一样，漫游车既有优势又有劣势，在规划项目你应该加以考虑。

13.1.1 漫游车的优势

下面是漫游车的一些优势。

- 你不会丢掉它们！对于任何曾经眼看着自己的水上无人机沉入湖底或者无奈地看着四轴直升机飞向远方的人来说，漫游车无法离开坚实地面的不足就会变成一种安慰。
- 因为漫游车依靠摩擦力和重力保持静止，因此不需要太多动力就可以运行。根据电池容量，漫游车理论上可以在数天内保持自主运行。如果有太阳能电池阵列的供应，就可以运动得更久。还有其他哪种无人机能做到这一点？
- 前面两个优势支持着最后一个优势：漫游车最擅长于自主运行，因为可以在更长的时间里不管它们。想象一个气象站机器人，在灌木丛中爬行以获得传感器读数。理论上你可以让它自行活动数天，而四轴直升机只能在空中呆几分钟。

13.1.2 漫游车的劣势

虽然我们已经说明了漫游车的优势，但是不要忘记它们并不完美。下面是这种平台的一些劣势。

- 漫游车有些无聊。想一想：制作四轴直升机或者小艇的魅力在于能够穿越不熟悉的环境。当然，我们可能无法像小鸟那样飞翔，但是可以将直升机送上天空。在地面上漫游无法与之相比。
- 和水上无人机一样，在哪里使用漫游车也是一个问题。除非有很大的后院，否则就会面临一个难题：在哪里使用漫游车，才不会吓到不习惯在灌木下看到无人机的人？让漫游车沿着灌木林爬行没有问题，但是你能想象有人被吓到时的情景吗？另一方面，如果你有一个很大的院子，那运气就太好了！

13.2 底盘的选择

我们可以用任何相对结实的材料制成底盘。漫游车不像四轴直升机有

那么严格的重量限制，可以使用钢铁、塑料或者任何材料。主要的条件是我们是否可以在底盘上固定组件。本书中将介绍一些选择：用套件制作底盘，使用 3D 打印机或者其他计算机控制机器来制作，以及购买预制的机器人平台。下面介绍几种可能的方案。

13.2.1　3D 打印

Thingiverse 和其他 3D 打印网站上有无数可 3D 打印的机器人底盘，例如图 13.2 中的这个设计。这是火星车的仿制品，由 Thingiverse 用户 SSG1712 设计。可以在 http://www.thingiverse.com/thing:835053 上找到它。

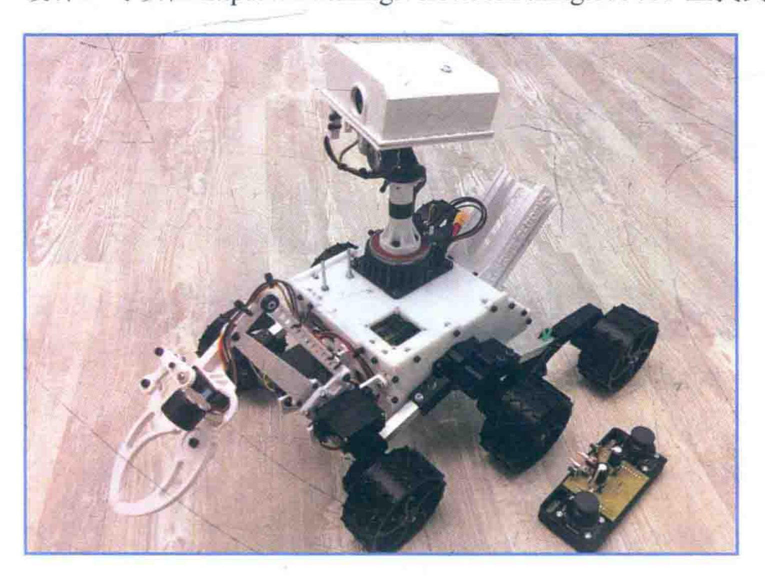


图 13.2　喜欢这个底盘吗？可以自行打印（图片来源：SSG1712）

大部分可以打印的框架可以归结为上有多个安装孔的某种板子，它们通常遵循创作者自己使用的机械附件。一般来说，设计图案中会提供对应五金件的零件编号，理论上可以节约很多时间。这听起来是梦幻般的主意，但是有两个缺点。首先，3D 打印需要很长时间，打印一个底盘可能花费几个小时。其次，许多制作者认为 3D 打印的零件不如机器加工或者激光切割的同等零件耐用。

13.2.2　Tamiya

模型制造公司 Tamiya 用木材、塑料和橡胶制造复杂的变速箱和传动机构。图 13.3 中的模型包含两部直流马达，可以通过反转某一侧的履带，

由微控制器操纵模型。Tamiya 出售许多底盘产品，你可以在其变速箱上加入自制的机器人。如果对摆弄机械系统没有兴趣，这是不错的选择。



图 13.3 Tamiya；将这些零件组装起来价格不贵，有创意且有趣

13.2.3 mBot

mBot（http://mblock.cc/mbot/，见图 13.4）在预制底盘上采用另一种角度，基本上是完整的机器人，可以当成 Arduino 编程或者使用 Scratch 可视化编程语言（https://scratch.mit.edu/）编程。你还会注意到 mBot 底盘上有许多未用的安装孔，这可以给这个机器人增添附件。它很像 Tamiya 传动机构和传感器、按钮及 LED 的组合。

13.2.4 Arduino Robot

Arduino Robot（见图 13.5）的想法和 mBot 相同——是一个预制的教育用机器人——但是将这个想法提高到荒唐的水平，它带有内建的 LCD、蜂鸣器、音频传感器、按钮阵列以及原型化区域，此外还有大量功能。Arduino Robot 的缺点可能是易碎——整个机器人就是暴露的电路板材料。这一点加上较小的轴距，使其在比短绒地毯更恶劣的地形上无所作为。而且，Arduino Robot 很贵——将近 300 美元——不过它自带了所有功能！

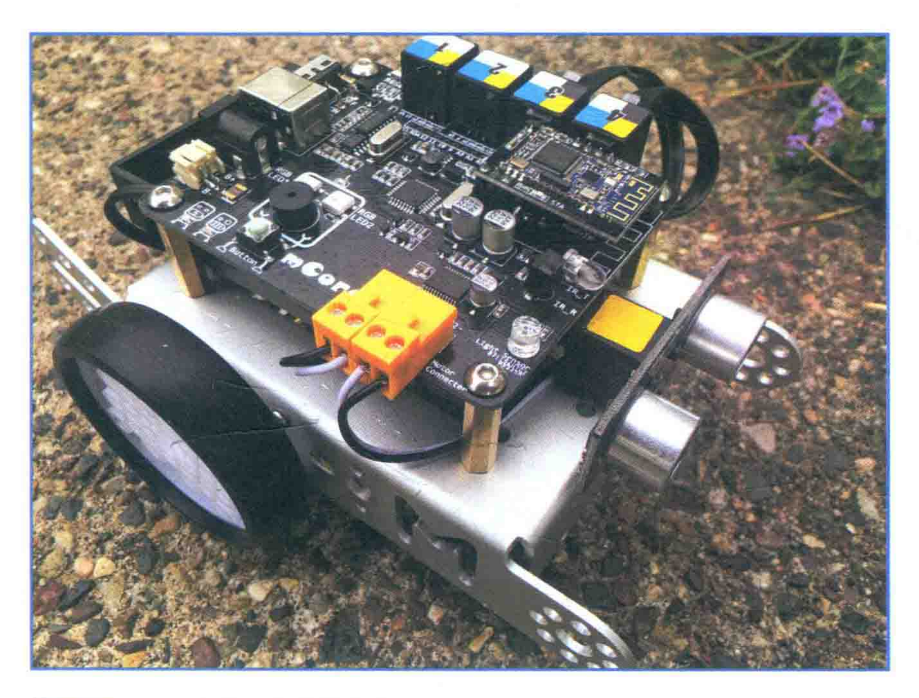


图 13.4 mBot 自带一大堆传感器



图 13.5 Arduino Robot 有你想要的一切，并为你后续添加的组件留下空间（图片来源：Arduino.cc）

13.2.5 Actobotics Bogie

图 13.6 中展示的小型漫游车（ServoCity.com，P/N 637162）配备了 6 个单独电机驱动的车轮和摇臂式悬挂系统，使其可以越过所有障碍。车身和支架都由耐用的塑料件组成，悬挂系统有能力穿越恶劣地形。我们仍然需要增加电源、微控制器、RC 接收机和其他零件，才能使其成为完整的机器人。



图 13.6 Bogie 为全地形漫游车提供了一个坚固的平台

13.3 用无线电射频识别标签导航

正如其名，RFID（有时发音作“arfids”）标签不需要电源：它们由读卡器的无线电波提供能源。标签有不同的配置（见图 13.7），包括信用卡、钥匙链、不干胶甚至钉子。

靠近开启电源的读卡器时，标签上的线圈获得足够的电力以激活一个微型电台，传输标签的唯一编码。可以从图 13.8 中看到其工作原理。

编码由 32 位数据组成，每位为 0 或者 1。这可以翻译为 16 位数字的字符串，其中 12 位为实际编码。去除开始和结束标志，剩下的是 10 位字母和数字组成的编码。

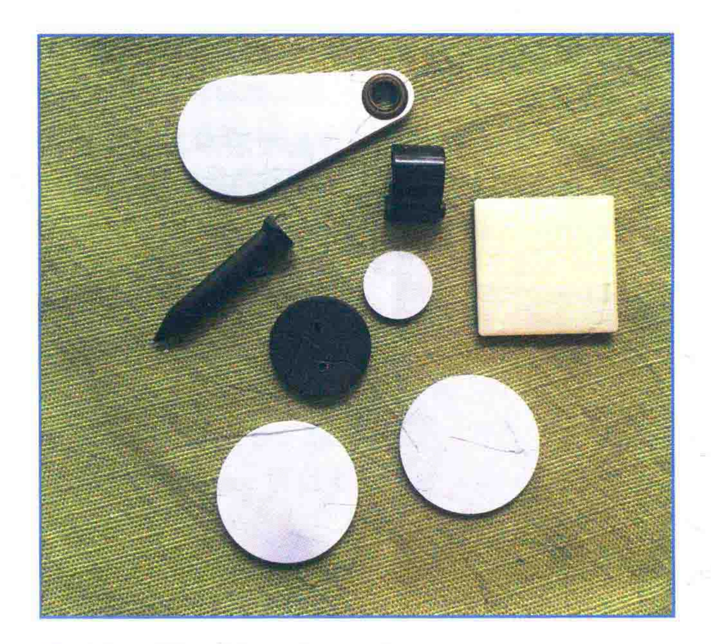


图 13.7 RFID 标签有不同的形状和大小

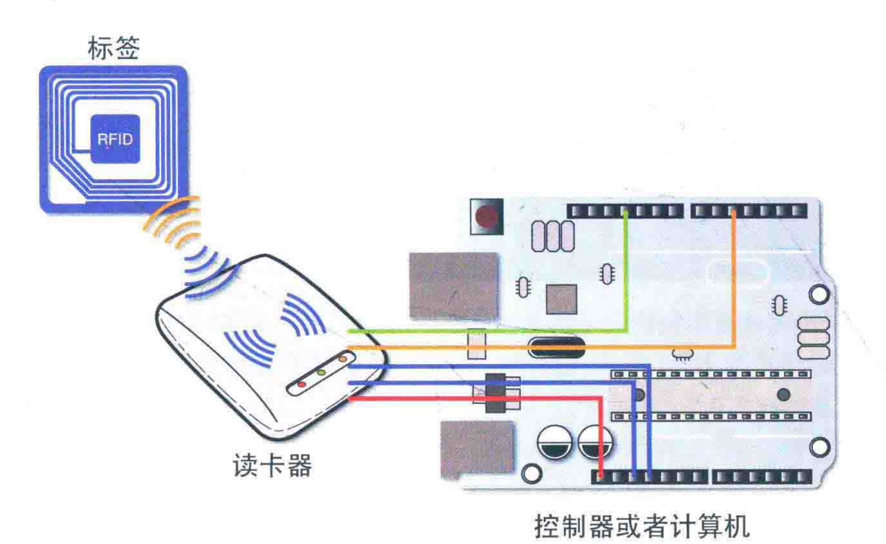


图 13.8 RFID 标签传输无线电波，不需要自带电源

例如，一个编码可能是“右转 90 度，然后走 10 英尺”，另一个编码可能是“向后 3 英尺”。当然，你必须预先知道编码，才能将其添加到 Arduino 素描中。另一个有趣的选项是在飞行中使用标签导航。在机器人的行走路径上放上标签，就可以操纵它们。

13.4 项目：RFID导航的漫游车

下面我们来研究和制作图 13.9 中的 RFID 导航漫游车。它包含由 Actobotics Nomad 套件制作的底盘。我们将用 Arduino 和马达护罩以及用于测距的超声波传感器和预料之中的 RFID 读卡器来加强它。动手吧！



图 13.9 RFID 导航漫游车用一个超声波传感器测量距离

13.4.1 零件

购买一个底盘套件可以减少购买项目的总数，但是仍然需要相当数量的零件，具体如下。

- Actobotics Nomad 漫游车底盘。这种商业化的底盘（SparkFunP/N 13141）组成了 RFID 导航漫游车的骨架。
- 3 英寸长度（7.62 厘米）的 Acrobatics 凹槽（SparkFun P/N 12498）。
- 可进行 180 度或更大角度旋转的伺服机构。我使用 Hitec HS-422HD（SparkFunP/N 11884）。
- 伺服支架。我使用 Actobotics B 型伺服板（SparkFun P/N 12444）。

- 高伺服轮毂（SparkFun P/N 12227）。
- 一些 24 号标准电线（Jameco P/N 2187876）。
- RFID 传感器（SparkFun P/N 11827）。这个传感器额定频率为 125KHz，你需要相配的标签。
- RFID 标签（SparkFun P/N 8310）。这些标签的大小和名片差不多，编码了唯一的 32 位 ID，无法更改。标签在激活时传输这一编码。
- RFID 分接板（SparkFun P/N 13030）。你不一定要购买这块电路板；推荐的原因是它将传感器的 2 毫米间隔连接件分解为更适合于面包板的 0.1 英寸（2.54 毫米）间隔。
- 超声波传感器。你可以在网上购买 Sain Smart HC-SR04，在 www.makeblock.cc 可以找到类似的 Makeblock Me 超声波传感器（P/N 11001）。
- 延长跳线（Adafruit P/N 826）。
- #4-24×1/4 英寸平头十字自攻螺丝，如 Fastenal P/N 0143528。
- 9V 电源插座。Adafruit P/N 80 就可以。
- 用于马达的 8×AA 电池组（Adafruit P/N 449）。

13.4.2 步骤

下面我们组装 RFID 导航漫游车，首先是组合 Acrobatics Nomad 套件。注意，Acrobatics 有一个 YouTube 视频，描述了底盘的制作指南，可以在这里找到：https://www.youtube.com/watch?v=FAPDkyeAek8。同时按照以下的步骤进行。

1. 组装 ABS 底盘，这个底盘（见图 13.10）在搭配的 #6-32 凹头螺丝和对应的连接块的帮助下锁在一起。它被称之为 ABS 底盘是因为使用厚重而耐久的 ABS（丙烯腈 - 丁二烯）塑料制成；LEGO 积木也使用了相同的材料。除了耐久性之外，ABS 也容易钻孔。这个底盘配备了安装孔，可以安装想得到的任何五金件。
2. 将 3 条 4.5 寸（11.43 厘米）凹槽固定在底盘上。Acrobatics 的关键组件是铝制凹槽，这种金属横梁上钻了几十个安装孔。在这一步中，你在更多安装块的帮助下增加 3 条凹槽（见图 13.11）。

   这些凹槽并不能真正为 ABS 提供任何结构支撑——它们是作为传感器和其他组件的平台。后面，你将有机会一试身手——在顶部的凹槽中增加一个旋转的超声波传感器，在前方的凹槽中增加 RFID 传感器。

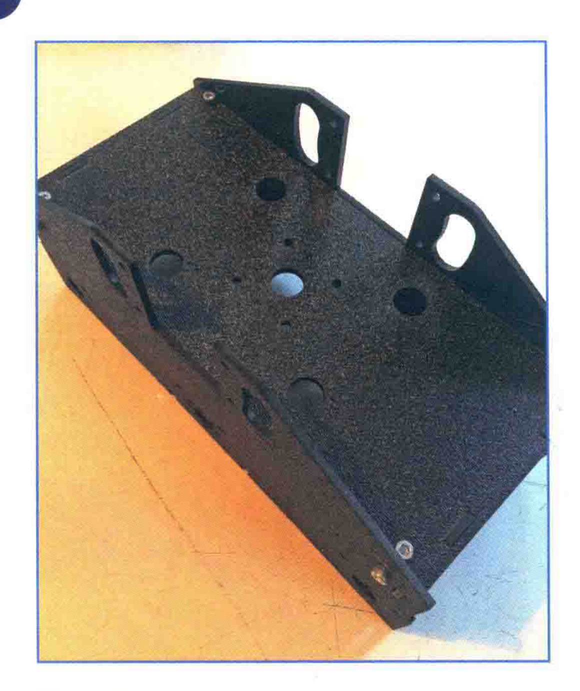


图 13.10 组装 ABS 底盘

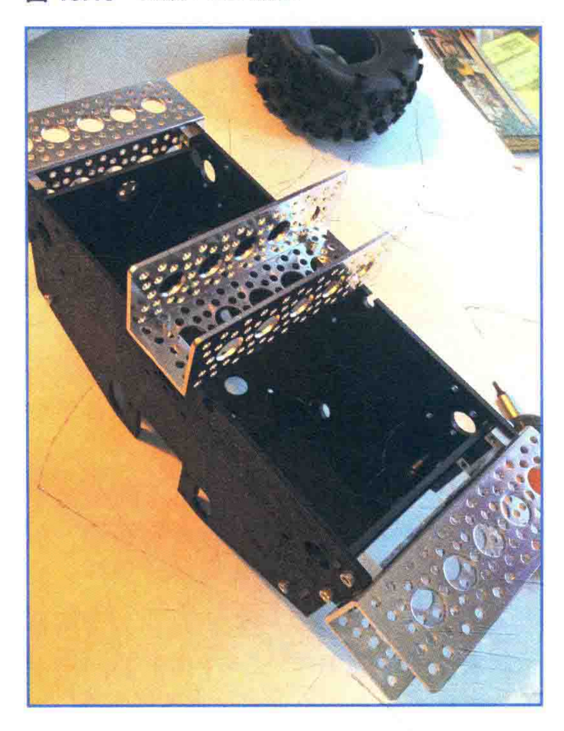


图 13.11 这些凹槽最终用于容纳传感器

3. 在更多连接块的帮助下，在 ABS 底盘的底部增加 6 英寸长（15.24 厘米）的凹槽，如图 13.12 所示。你还将在两面增加两个不同的支架。一个支架是自带轴承的方形轴座（图中的“A”），1/4 英寸（0.635 厘米）的轮轴可以自由旋转。另一个支架是方形轮毂支架（图中的“B”），和第一个支架类似，但是没有轴承。

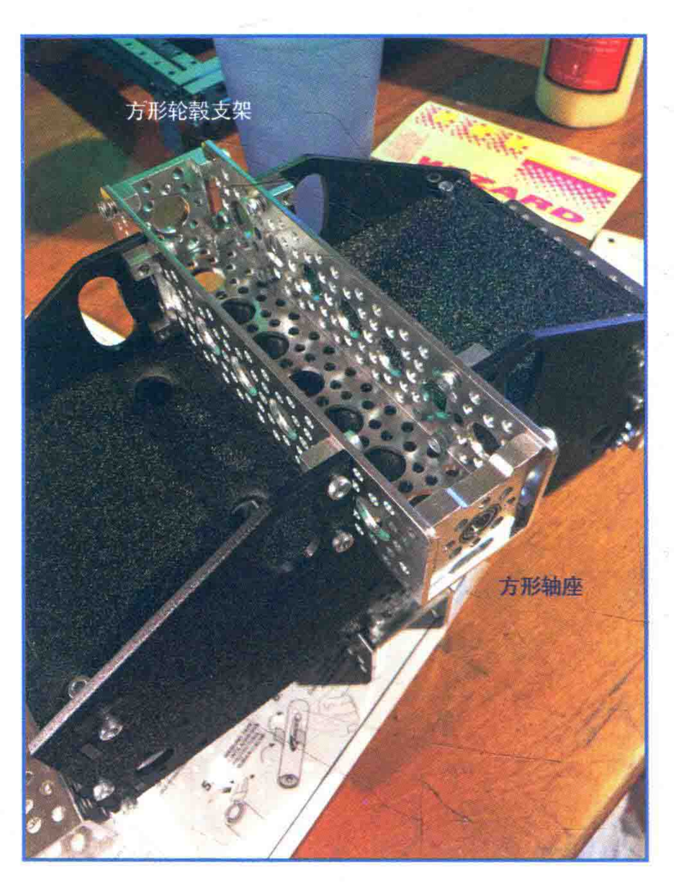


图 13.12 这条 6 英寸凹槽最终将用于支撑车轮总成

4. 接下来，在两条 12 英寸（30.48 厘米）凹槽的两端，利用方便的方形轮毂支架安装 4 个马达支架。图 13.13 展示了一对已经安装的支架。
5. 在一根 12 英寸凹槽上安装固定螺丝轮毂和 8 英寸车轴，如图 13.14 所示。

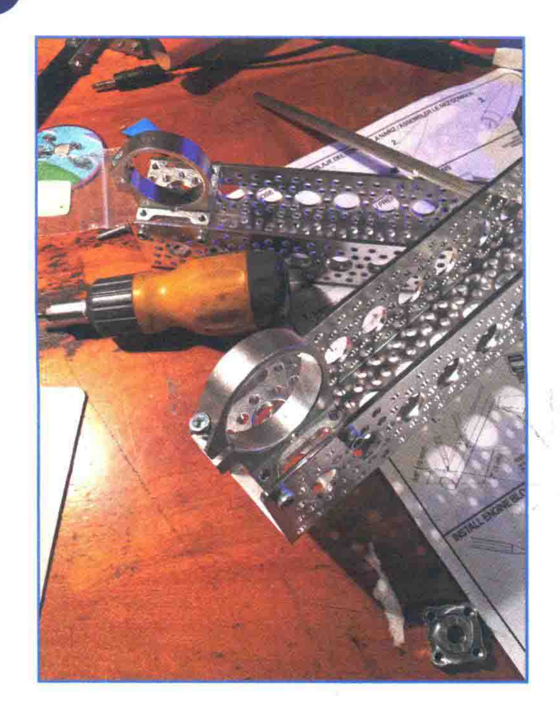


图 13.13 将马达支架固定在 12 英寸凹槽上

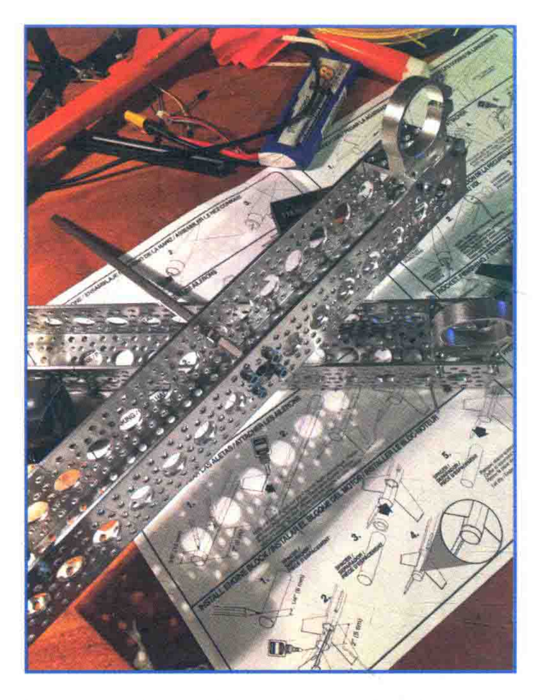


图 13.14 将固定螺丝轮毂和 8 英寸车轴固定在 12 英寸凹槽上

6. 连接 12 英寸凹槽并将其固定在 ABS 底盘上安装的 6 英寸凹槽中的方形轮毂支架上。在 12 英寸凹槽上传动轴穿过的地方使用垫片和轴承。在图 13.15 中可以看到外观。这根凹槽应该可以转动，做得很棒！它将帮助漫游车穿越恶劣地形。



图 13.15 将 12 英寸凹槽连接到底盘

7. 连接另一根 12 英寸凹槽，为它自己的轴承支撑车轴的另一端，如图 13.16 所示。这根凹槽不会移动，可能会令人惊恐，但是有意义——如果两个车轮支架都会移动，底盘就会掉到某一侧。



图 13.16 连接另一根 12 英寸凹槽

8. 安装马达和六角形法兰盘，如图 13.17 所示。将马达插入 12 英寸凹槽两端的支架上，然后可以旋紧固定。在每根车轴上固定车轮的位置上加入一个六角形法兰盘。

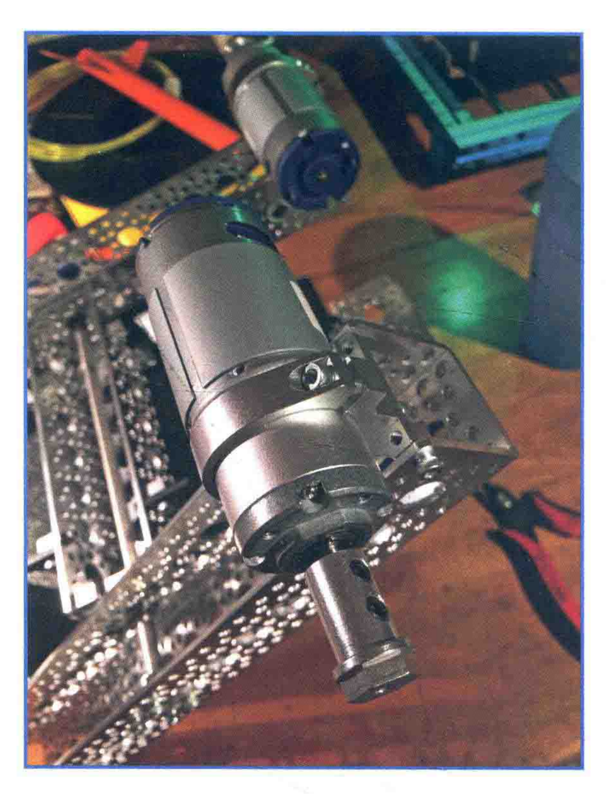


图 13.17 加入马达和法兰盘

9. 组装车轮并安装。车轮由一个塑料轮辋、轮辋周围的泡沫衬垫和覆盖泡沫的橡胶轮胎组成。在图 13.18 中可以看到车轮的外观。使用更多的 #6-32 凹头螺丝将车轮固定在法兰盘上。
10. 套件完成了！外观应该如图 13.19 所示。在下一步，我们将添加传感器，自定义漫游车。注意，这一步之后所要添加的所有 Acrobatics 零件都应该分别订购，具体参见前面的零件列表。



图 13.18 组装车轮，然后安装

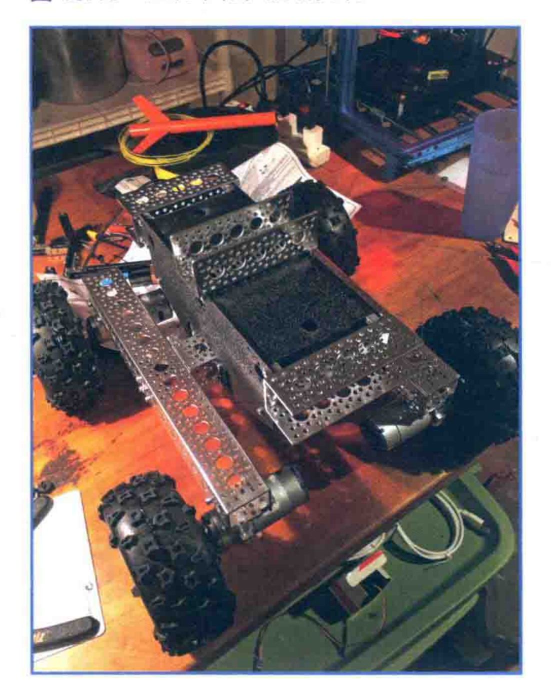


图 13.19 套件完成了！现在开始定制它

11. 用 #6-32 螺丝将伺服机构连接到伺服支架上（见图 13.20）。



图 13.20 将伺服机构固定在伺服支架上

12. 将伺服机构安装在顶部的凹槽中，如图 13.21 所示。尽可能将伺服轮毂靠近凹槽中部。伺服机构的连接线可以穿过凹槽中间的小孔。

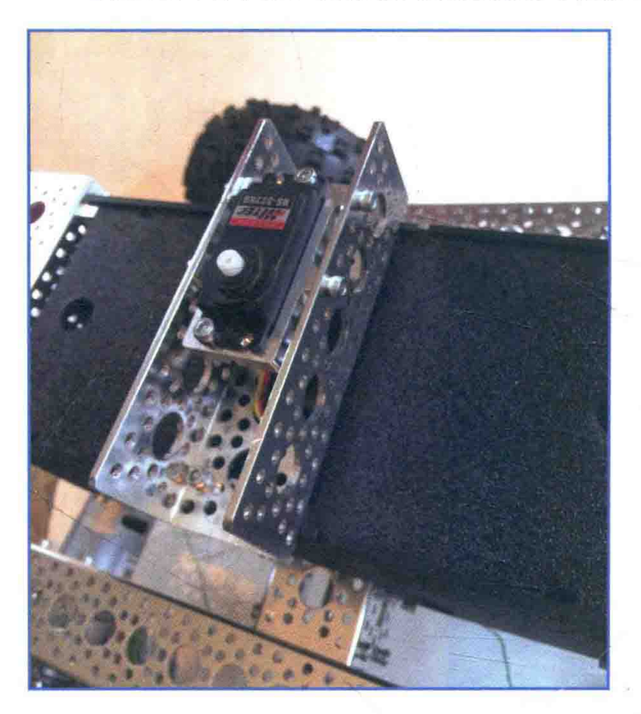


图 13.21 在顶部凹槽中安装伺服机构

13. 用伺服机构自带的固定螺丝安装伺服轮毂（见图 13.22）。

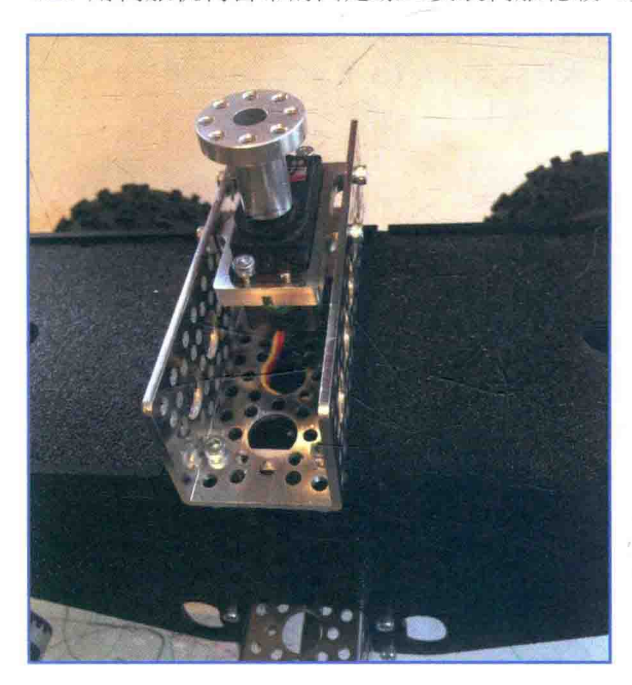


图 13.22 安装伺服轮毂

14. 将 3 英寸（7.62 厘米）长的凹槽连接到伺服轮毂，如图 13.23 所示。这将成为超声波传感器的旋转塔。

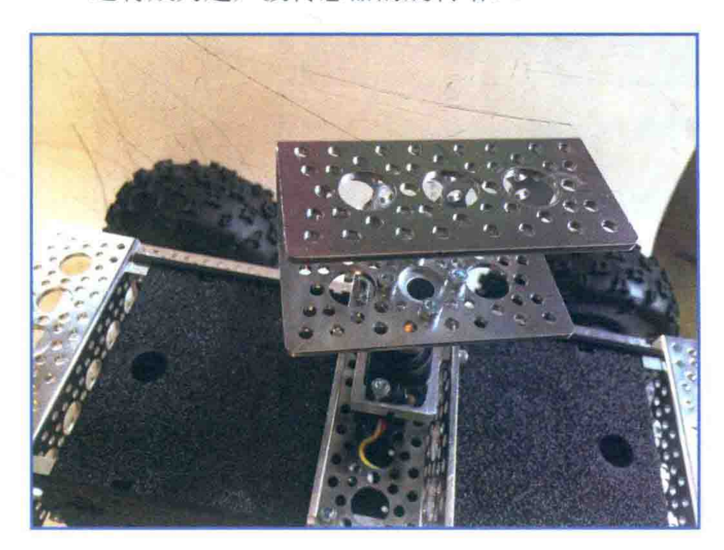


图 13.23 添加 3 英寸长的凹槽

15. 组装超声波传感器支架。这个先进的系统（见图 13.24）包括一片木材以及用双面胶带固定在上面的传感器。完成组装之后，用电线连接传感器的 4 根引脚。木片的大小为 1.5 英寸（3.81 厘米）×3 英寸（7.62 厘米），可以容纳在凹槽中。

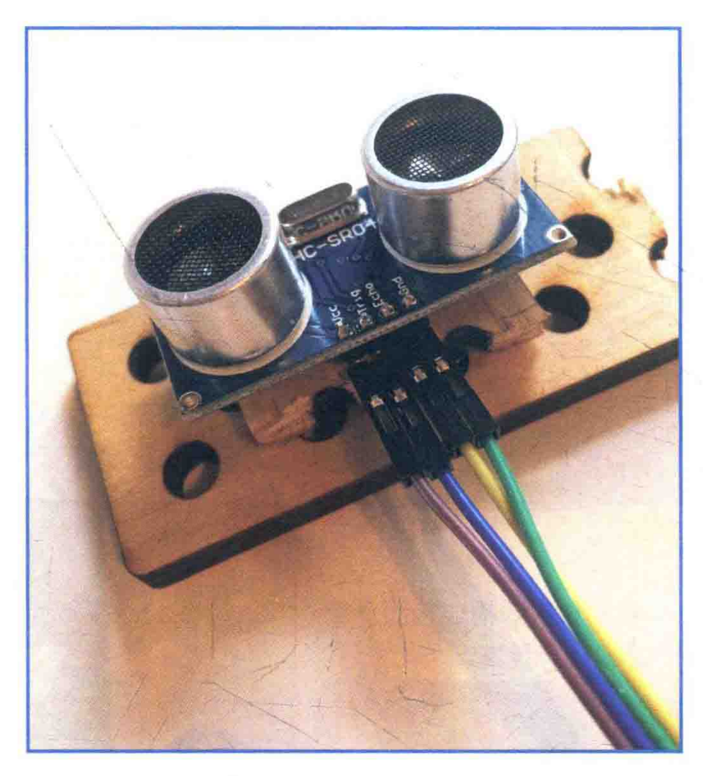


图 13.24 组装超声波传感器支架

16. 在 3 英寸凹槽中安装超声波传感器总成。使用 #3 平头螺丝固定木片，或者只使用摩擦法：我使用的木片宽度正好，可以不用五金件固定。图 13.25 展示了其外观。

17. 接下来，需要连接 RFID 传感器的接线。可选的一个工具是零件列表中提到的 RFID 分接板。它将传感器的 2 毫米间隔引脚分接为适合于面包板的 0.1 英寸间隔。不管使用哪一种方法，图 13.26 展示了引脚的接线情况；后面，我将说明这些电线的另一端连接到哪里。

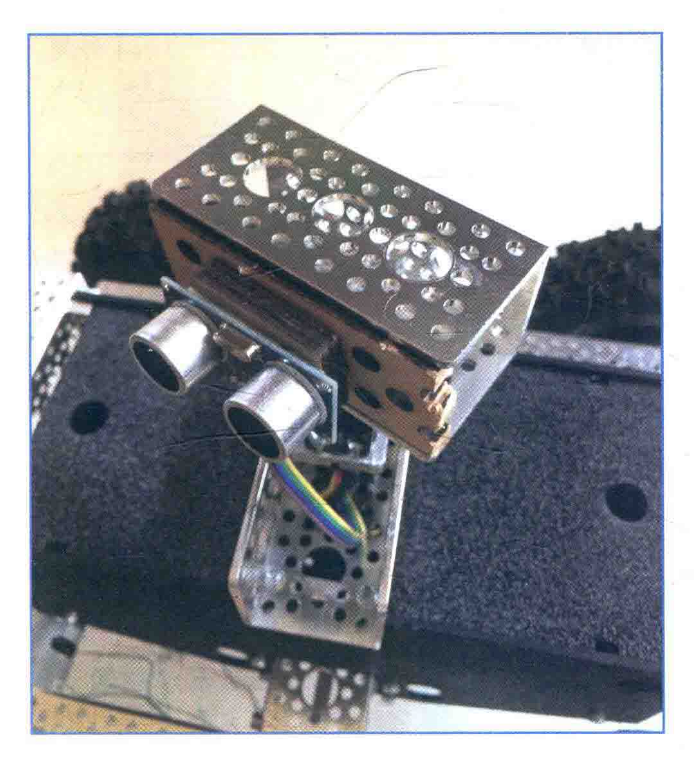


图 13.25 安装超声波传感器总成

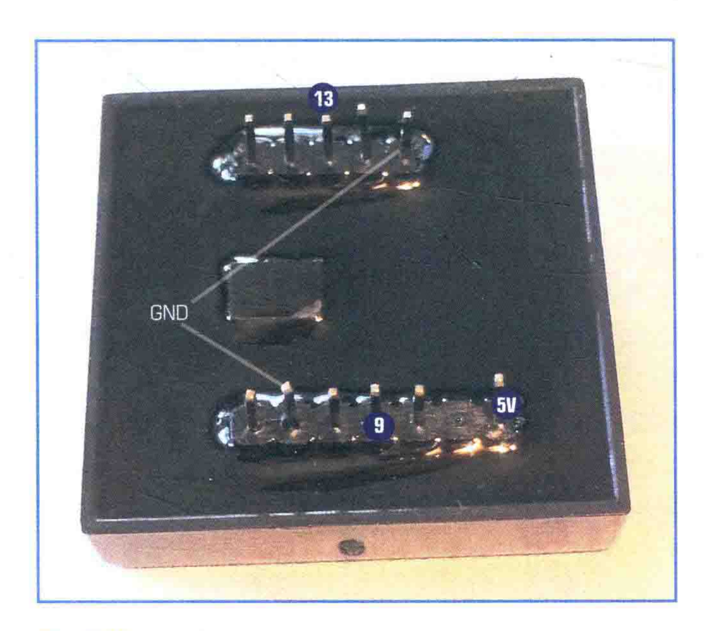


图 13.26 连接 RFID 模块的接线

18. 和其他总成一样，将传感器粘贴在一块木片上。图 13.27 展示了外观。

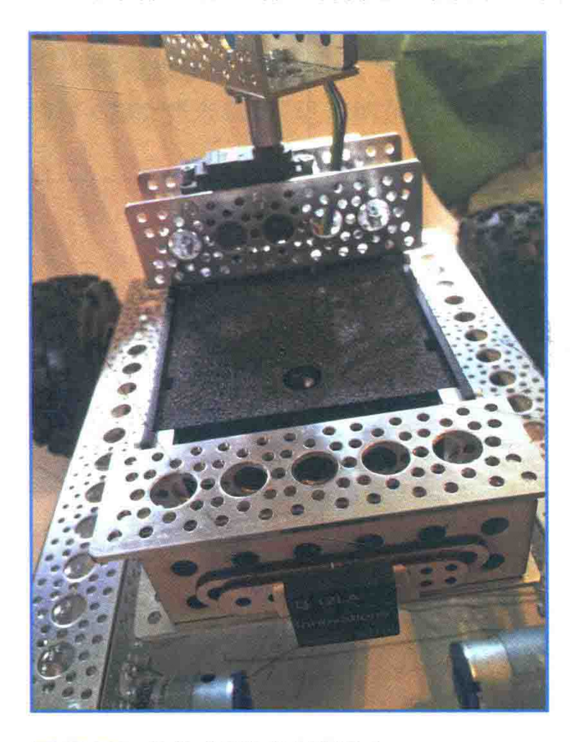


图 13.27 将传感器连接到漫游车

19. 接下来，开始安装电子装置。图 13.28 展示了各种不同的组件及其连接方法，下面一一单独介绍。

a. 将马达罩放在 Arduino 上。

b. 将马达接线连接到马达罩上的 4 个马达端口。这些端口简单地连接到螺栓接线端子上。如果马达的旋转和预期的方向相反，只需要反接这些端子即可。

c. 将伺服机构的连线连接到马达罩上的 3 根引脚。电线尾部的插座应该下压到引脚上。

d. 连接超声波传感器。5V 和 GND 引脚连接到 Arduino 上的对应引脚。TRIG 连接到第 12 引脚，ECHO 连接到第 11 引脚。

e. 将 RFID 的连线连接到马达罩上的对应引脚。这个组件的连线方法参见图 13.26。

f. 连接电池。9V 电池及其插座连接到 Arduino 的桶形接口，12V 电池组插入马达罩上标记为 5-12V Motor Power 的螺栓接线座。

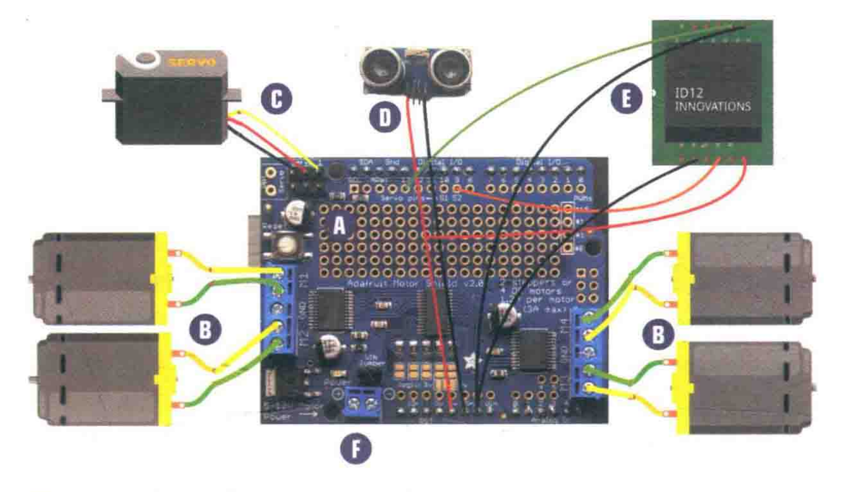


图 13.28 按图中所示连接电子装置

13.4.3 编程 RFID 导航漫游车

漫游车的 Arduino 素描包含一些复杂的组件：当然，它可以读取 RFID 标签，并且不断扫描标签，然后将捕捉到的编码与一组可以采取的行动比较。

例如，如果扫描一个编码，漫游车转动伺服机构到传感器瞄准的方向，然后执行距离扫描。另一个标签让漫游车倒退，还有一个则将其旋转到指定位置。这些都代表着你自己的方向，对于你希望航行的环境来说都是唯一的。这些例子的目的只是说明如何创建自己的素描。

```
//This code was created with example code from Adafruit's Motor Shield library

//as well as Bildr.org's RFID tutorial

#include <Servo.h>

#include <AFMotor.h> //you may need to download the Adafruit Motor Shield library

int RFIDResetPin = 13;

//this is the ultrasonic's two control pins.

//if you use a 3-pin PING, simply change their Arduino pin number

//so that they're the same.

int us_ping = 12;

int us_listen = 11;

// initializes the four motors. FL = front left, and so on.
```

```
AF_DCMotor FLmotor(1);
AF_DCMotor FRmotor(2);
AF_DCMotor BLmotor(3);
AF_DCMotor BRmotor(4);
//initialize the servo
Servo USservo;
//give each tag its own array — obviously, add the correct codes
//the 13 refers to the size of the array, 12 characters plus a null
char tag1[13] = "000000000000";
char tag2[13] = "111111111111";
char tag3[13] = "222222222222";
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RFIDResetPin, OUTPUT);
  digitalWrite(RFIDResetPin, HIGH);
  //power up the servo and four DC motors
  USservo.attach(10); //AKA servo 1 on the motor shield
  FLmotor.setSpeed(200);
  FLmotor.run(RELEASE);
  FRmotor.setSpeed(200);
  FRmotor.run(RELEASE);
  BLmotor.setSpeed(200);
  BLmotor.run(RELEASE);
  BRmotor.setSpeed(200);
  BRmotor.run(RELEASE);
  //initialize the US sensor's pin
  const int us_Listen = 11;
  const int us_Ping = 12;
  long duration, inches, cm;
}
void loop() {
  char tagString[13];
  int index = 0;
  boolean reading = false;
```

```
    while (Serial.available()) {
      int readByte = Serial.read(); //read next available byte
      if (readByte == 2) reading = true; //begiNning of tag
      if (readByte == 3) reading = false; //end of tag
      if (reading && readByte != 2 && readByte != 10 && readByte != 13) {
        //store the tag
        tagString[index] = readByte;
        index ++;
      }
    }
    checkTag(tagString); //Check if it is a match
    clearTag(tagString); //Clear the char of all value
    resetReader(); //Reset the RFID reader
  }
  switch (tagString) {
  case 'tag1':
    servo1.write(90); //rotates the sensor
    //sends out a ping
    pinMode(us_Ping, OUTPUT);
    digitalWrite(us_Ping, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(us_Ping, HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(us_Ping, LOW);
    //then listens
    pinMode(us_Listen, INPUT);
    duration = pulseIn(us_Listen, HIGH);
    cm2 = microsecondsToCentimeters(duration);
    if (cm2 < 1000) //triggers within 1 meter
    {
      //ADD SOME EVENT THAT OCCURS IF SOMETHING'S WITHIN 1M
    }
    servo1.write(-90); //returns to its original position
    break;
```

```
case 'tag2':
  //MOTORS MOVE BACKWARD FOR 2 SECONDS
  FLmotor.run(BACKWARD);
  FLmotor.setSpeed(200);
  FRmotor.run(BACKWARD);
  FRmotor.setSpeed(200);
  BRmotor.run(BACKWARD);
  BRmotor.setSpeed(200);
  BLmotor.run(BACKWARD);
  BLmotor.setSpeed(200);
  delay(2000);
  FLmotor.setSpeed(0);
  FRmotor.setSpeed(0);
  BRmotor.setSpeed(0);
  BLmotor.setSpeed(0);
  delay(5);
  break;
case "tag3":
  //turn in place
  FLmotor.run(FORWARD);
  FLmotor.setSpeed(200);
  FRmotor.run(BACKWARD);
  FRmotor.setSpeed(200);
  BRmotor.run(BACKWARD);
  BRmotor.setSpeed(200);
  BLmotor.run(FORWARD);
  BLmotor.setSpeed(200);
  delay(2000);
  FLmotor.setSpeed(0);
  FRmotor.setSpeed(0);
  BRmotor.setSpeed(0);
  BLmotor.setSpeed(0);
  break;
}
```

```
clearTag(tagString); //Clear the char of all value
resetReader(); //reset the RFID reader
}
//this function converts microseconds to centimeters
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
  return microseconds / 29 / 2;
}
//this resets the reader
void resetReader() {
  digitalWrite(RFIDResetPin, LOW);
  digitalWrite(RFIDResetPin, HIGH);
  delay(150);
}
// this function clears the tag's code by filling the array with zeros
void clearTag(char one[]) {
  for (int i = 0; i < strlen(one); i++) {
    one[i] = 0;
  }
}
```

13.5 小结

本章，我们结束了最后一个无人机项目，以 Actobotics Nomad 底盘为基础制作了一辆漫游车，由 Arduino 进行操纵。但是，本书的主项目——四轴直升机仍未完成：我们必须对其进行编程。第 14 章将介绍一些流行的无人机控制程序，可以从便携机或者平板上控制无人机。此后，我们将介绍配置安装在四轴直升机上的 MultiWii 飞行控制器的方法。很快，我们就可以飞行了！

14

制作四轴直升机VI：软件

我们已经进入本书的最后一章，将学习用于控制四轴直升机的软件。本章介绍各种飞行控制软件套件，包括便携机和你所喜爱的移动设备所用的应用程序。可以将这些软件视为自动驾驶仪，使我们不用普通的操纵杆就能控制无人机。此后，我们将配置 MultiWii，为飞行做好准备（见图 14.1）。



图 14.1 四轴直升机项目得到了合乎逻辑的结果：升空！

14.1 飞行控制软件

可以预料到，软件可以比我们的手指更好地控制马达。将无人机的

控制留给软件完成，我们就可以操纵摄像头或者监控GPS和其他传感器。在某些软件包中，我们可以计划旅程，让无人机遵循一个固定的飞行模式。

需要注意的是，典型的飞行控制软件包是为单一类型的飞行控制板配置的。思考这个问题是有意义的——软件如何知道无人机的特殊配置？在任何情况下，制造商都很自然地希望你使用它们的软件控制同厂的无人机。

14.1.1 OpenPilot

这个开源非营利性平台专注于为多轴直升机和其他类型的自主交通工具（包括三轴直升机、固定翼飞机和漫游车）提供稳定飞行和自动驾驶软件。各种交通工具都由自己的安装指南提供支持，例如，Y配置六轴直升机可以和更常见的X配置（和在本书中制作的无人机同类）一样简单地控制。

作为开源项目，OpenPilot由一个完整的开发人员社区创作，于2010年首秀（见图14.2）。此后，该社区已经开发了不同的硬件平台与软件搭配，并为自动驾驶仪增添了健全的功能。关于OpenPilot的更多信息，可以访问openpilot.org。

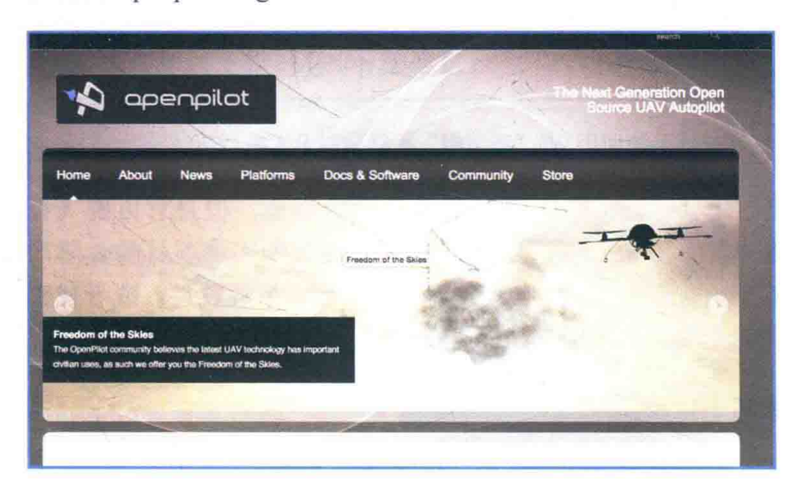


图14.2 OpenPilot

14.1.2 MultiWii

和OpenPilot一样，MultiWii也是由一个开源社区开发的（见图14.3）。

原始项目使用 Wii“双节棍”（nunchuck）作为控制器（由此得名），但是现在有了一个固定的多轴直升机平台，每个发行版本都增加了硬件和软件特性。

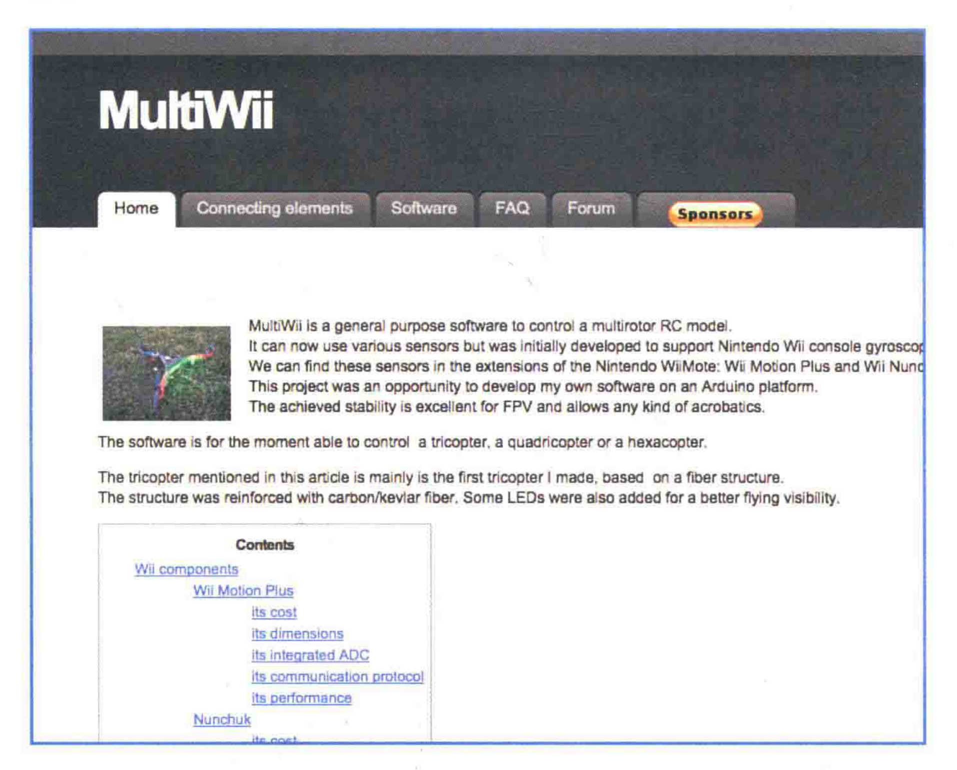


图 14.3 MultiWii 网站展示如何用 Wii“双节棍”手柄控制无人机

起初，硬件由 Arduino 和 IMU 板等现成模块组成，但是官方的飞行控制器板最终开发了出来。你可以从各种在线商店购买该项目的克隆产品，也可以自己组装系统。要更多地了解 MultiWii、下载软件，或者找到参与的方法，可以访问 multiwii.com。

14.1.3 APM Planner 2.0

在 DIY 无人机进入白热化的时期，构建基于 Arduino 的无人驾驶仪的最初尝试被称作 Ardupilot。随着时间的推移，无人机制造商 3DRobotics 销售的产品中吸收了该软件，这个包罗万象的软件项目更名为 APM。

APM（见图 14.4）支持固定翼飞机、漫游车和许多标配 2 ～ 8 个推进器的直升机。可以在 planner2.ardupilot.com 了解到更多信息。

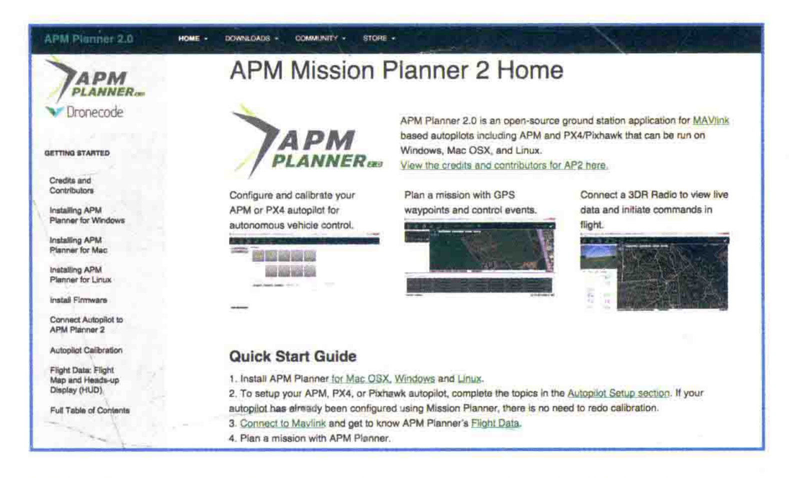


图 14.4 Ardupilot 最初是作为基于 Arduino 的飞行控制硬件

14.1.4 eMotion

SenseFly 提供强大的高端无人机，以固定翼农用无人机、桥梁检查四轴直升机、测绘级地图直升机和其他非爱好者硬件占据专业市场。

因此，它们的 eMotion 软件（见图 14.5）成为一项重要业务也就不足为奇了。该软件具备飞行模拟、任务规划以及传感器监控应用等高端功能。缺点是 eMotion 只能用于 SenseFly 的无人机！ SenseFly 网站（sensefly.com）上有如何下载 eMotion 的信息。



图 14.5 SenseFly 无人机的设计意图是用于重要任务，它们的软件 eMotion 也同样健全

14.1.5 AR.Freeflight

Parrot 长期在业余爱好者无人机领域处于前列，它们的 AR 无人机具备与众不同的四叶式设计，是世界上最受欢迎的商业化无人机之一。Parrot 的无人机控制应用 AR.Freeflight（见图 14.6）可控制它们所有的无人机，实现了手机应用的精确控制。



图 14.6 AR.Freeflight 是 Parrot 无人机的官方控制系统

Parrot 对无人机作为现代摄影平台的现象持肯定态度，因此 AR.Freeflight 有一个可选的加载项 Director Mode，优化了电影制作的飞行体验，内置了模拟平移、升降行为的动作和稳定飞行功能。在 parrot.com 可以了解更多信息。

14.1.6 3DR Solo 小应用

前面曾经提到无人机制造商 3DRobotics，该公司最初服务于 DIY 无人机制作者和业余爱好者。借助于 Solo 应用，3DRobotics 不断成长。Solo 号称“世界第一架智能无人机”（见图 14.7），配备了骄人的计算能力（板载 1GHz 计算机）和将 GoPro 摄像机中的高分辨率图像发送到你所喜爱的移动设备的能力。

它们自称的“智能”并非玩笑。“跟我来”（Follow Me）模式使无人

机追踪单一目标。该应用是智能化的，在无人机坠落时可以自动生成维修单。可以在 3DRobotics.com 找到所有产品的更多信息。

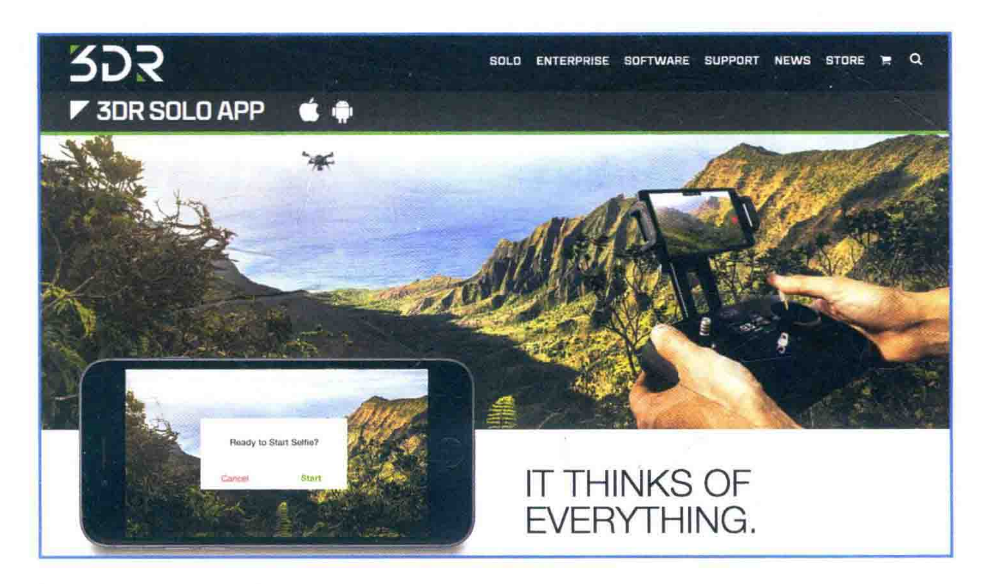


图 14.7 3DR Solo 应用控制整个 Solo 体验

14.2 MultiWii配置

下面我们来配置选择的飞行控制器——MultiWii。再重申一次，可以在 Multiwii.com 上学习关于该项目的所有知识。让我们开始吧！

1. 确保下载安装了最新最好的 Arduino IDE 版本。
2. 从 MultiWii 项目的代码库（https://code.google.com/p/multiwii/）中找到 MultiWii 软件并下载。
3. 在 Arduino 环境中打开 MultiWii 素描。该素描由多个选项卡组成，本章后面将做讨论。单击标记为 Config.h 的选项卡并根据直升机配置、RC 系统选择和微控制器选择自定义素描。Config.h 中的指令很简单，自定义你的设置应该毫无困难。
4. 用 micro-USB 电缆将 MultiWii 连接到 PC，如图 14.8 所示。
5. 用常规的 Arduino 规则将素描上传到 MultiWii 板（MultiWii 本质上就是一块定制的 Arduino 板）
6. 配置你的发射机。主要就是设置 4 个控制器的最大值：油门、俯仰、

横滚和偏航。

7. 调整 PID。这包括微调控制，在这里可以学习具体的方法：http://www.multiwii.com/wiki/index.php?title=PID。
8. 校正传感器。这需要用 WinGUI（https://code.google.com/p/mw-wingui/）等软件接口对接计算机和 FC。GUI 可以校正磁力计、加速计和陀螺仪。
9. 按照 14.4 节的描述进行测试飞行。

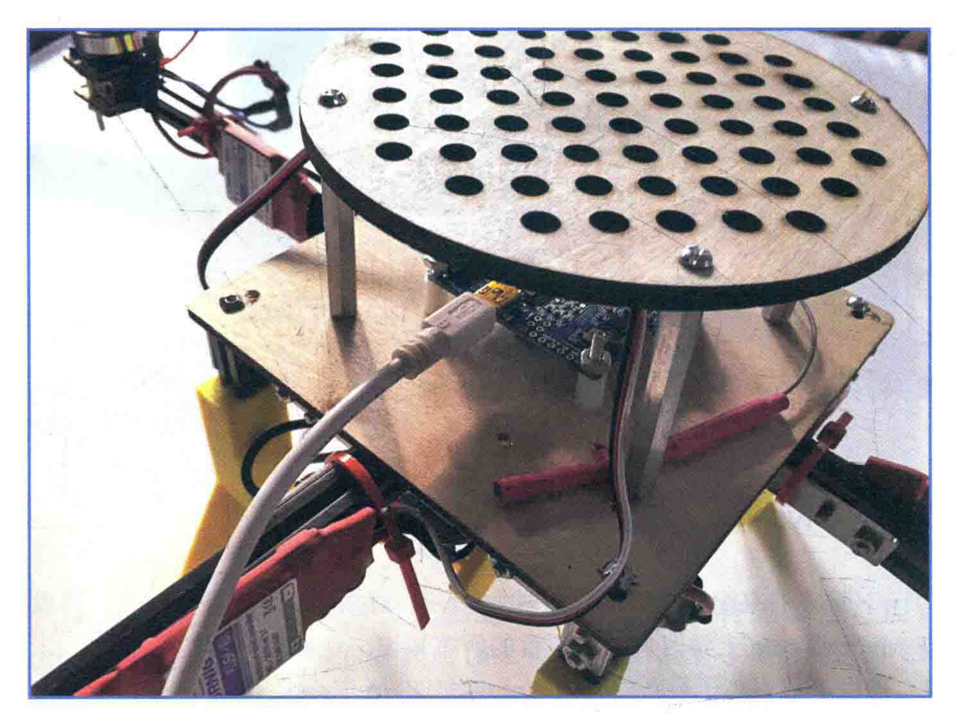


图 14.8 使用 USB 电缆将 MultiWii 连接到你的计算机

完成了！在下一小节，我们将配置真正的无人机进行测试飞行。

14.3 检查MultiWii控制素描

我不打算过于深入地介绍素描的每个部分，但是希望能帮助大家了解素描架构的概况。这将有助于排除故障或者进行自定义。

在 Arduino IDE 中打开 multiwii.ino 文件，应该会看到简单的欢迎信

息和一些包含素描实际组件的选项卡（见图 14.9）。下面逐个浏览这些子素描。

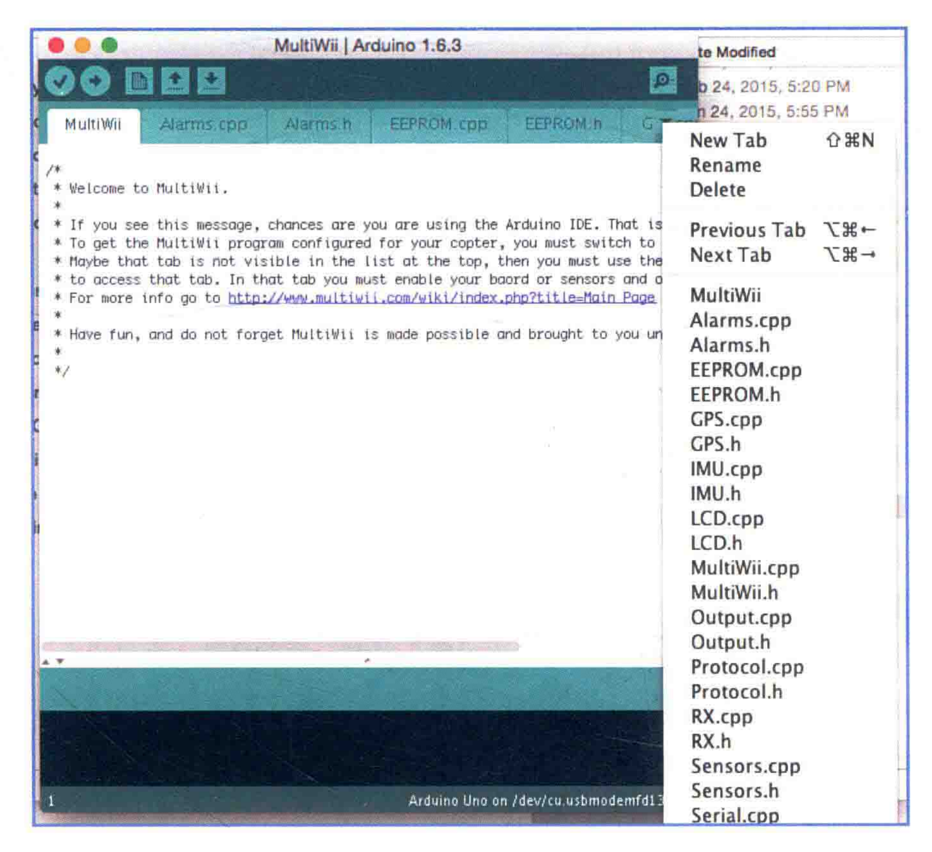


图 14.9 MultiWii 的 Arduino 素描包括许多用选项卡组织的单独文件

- Alarms.cpp 和 Alarms.h——这个库控制 MultiWii 上的蜂鸣器和各种警报 LED。你可能记得，Arduino 世界中的库由源文件（.cpp）和头文件（.h）组成，它们提供关键功能。
- EEPROM.cpp 和 EEPROM.h——这个库管理 MultiWii 内存中的 GPS 导航点。
- GPS.cpp 和 GPS.h——如你所料，这个素描控制多轴直升机的 GPS 功能。
- IMU.cpp 和 IMU.h——这个库管理惯性测量单元（IMU）。IMU 是帮助无人机确定罗盘航向和高度的传感器。
- LCD.cpp 和 LCD.h——有些四轴直升机配置允许驾驶员在 LCD 屏幕

的帮助下与 MultiWii 交互，这个库管理 LCD。

- MultiWii.cpp 和 MultiWii.h——这个库包含无人机的核心功能，从组成 MultiWii 的其他各个库中获取数据和功能。
- Output.cpp 和 Output.h——这个库控制多轴直升机的马达和伺服机构，各种可能配置的设置也可以在这里找到。
- Protocol.cpp 和 Protocol.h——MultiWii 使用 MSP（MultiWii 串行协议）与各种组件通信，Protocol 库管理着 MSP。
- RX.cpp 和 RX.h——这个库是支持串行通信的另一个资源。
- Sensors.cpp 和 Sensors.h——这个库管理传感器输入，包括加速计、磁力计、陀螺仪、气压计等。
- Serial.cpp 和 Serial.h——这个库是主要的串行控制资源。
- Config.h——在这个库中微调直升机的设置，包括选择直升机类型、使用代用 CPU 和无线控制设置。
- Def.h——这个库充满各种定义：在素描后台中工作的命名常量。
- Types——另一个帮助 MultiWii 完成任务的加密代码库。

14.4 飞行前检查列表

我们差不多已经做好了测试四轴直升机的准备了！在开始之前，完成这个简单的测试前检查列表。

1. 到达飞行区域时，检查附近的电线、大树和其他可能损坏无人机的障碍物。还应该知道附近的限飞区域（如机场）。
2. 寻找一块平坦、开阔的区域以起降无人机。
3. 将充好电的电池连接到无人机的线束。忙于此事时，仔细检查各种电线确保没有松动。
4. 打开无人机的电源，将油门放到 0 点。许多四轴直升机因为油门放到最大而以最高速度跌落在停机坪上。
5. 检查推进器并验证旋转方向。如果推进器没有按照应有的方向旋转，直升机就不能够正常飞行。
6. 如果已经在无人机上安装了摄像头，打开其电源。如果要拍摄视频，开始录制。
7. 起飞！慢慢松开油门，小心加速，体验无人机飞离地面时的控制方式，如图 14.10 所示。



图 14.10 四轴直升机在离地数英尺的空中盘旋

14.5 小结

安装软件之后，我们就可以冲上云霄了！希望本书可以帮助大家探索无人机技术。祝你好运，好好飞翔！

术语表

3D 打印机：能够喷射和布设多层塑料，组成三维物体的一种机器。

加速计：确定速度和加速度并向微控制器返回值的传感器。

机身：四轴直升机的底盘。

安培：电流的单位。

模拟数据：以连续的变化电压波形发送的数据，与数码数据（以一系列开关信号形式发送）相反。

数组：在编程术语中，数组是保存供未来使用的一组值的列表。

自主式机器人：依靠自身编程而非人工操控作出控制决策的机器人。

自动驾驶仪：沿着预先编程的飞行路径操纵无人机的微控制器。

气压传感器：检测空气压力变化（与气压计采用相同方式）的传感器。

板：印制电路板（PCB）的简写。

面包板：带有隐藏导体的穿孔塑料板，可以在不使用焊接设备的情况下简单地连接电路。

分接板：用于控制单个组件的小型印制电路板（PCB）。例如，可以制作一块分接板以管理 L293D 马达控制芯片。

有电刷 / 无电刷马达：直流马达的不同类型，区别在于电力传送到马达线圈的方式。

套管：用于固定轮轴的小型紧固件。

碳纤维：常用于无人机和其他飞机的一种坚固轻质材料。

底盘：固定机器人或者无人机组件的框架。

编译：将一种计算机语言转换为另一种语言，通常是将人类可读的代码转换为机器可读代码。

计算机数字控制（CNC）工具：可以沿计算机程序引导的路径精确运行的轨道式电动工具。

数据记录装置： 微控制器项目中记录数据（如传感器读数）的模块。

直流马达： 一种常见的马达，对其端子应用电压时转动轮毂。

数码数据： 只包含“是”或者“否”指示的数据类型，与模拟数据（包含可变电压水平）相反。

电子调速器（ESC）： 根据来自微控制器或者无线电接收机的低电压信号，触发马达中的高电压的一种设备。

编码器： 能够检测马达轮毂的转动幅度，向微控制器返回数值的设备。

第一视角视频（FPV）： 允许无人机驾驶员看到无人机视野的实时视频（通常是低分辨率的）。

飞行控制器： 为在高度计、磁力计和其他传感器的帮助下控制无人机而优化的微控制器板。

地线： 电路的返回路径。在电池上，地线用 -（负号）表示。在电子学用于中，地线常常缩写为 GND。

接地母线： 面包板上作为地线的一组导体，通常以黑色或者蓝色标记。

热缩套管： 用于覆盖接线点的绝缘橡胶管。加热时，这种套管会收缩，覆盖暴露的电线。

红外（IR）光： 超出人类可见范围的一种光波。红外光常常经过调制以发送少量数据——例如，电视的“关闭”信号。

初始化： 创建新变量并赋值。

内转式马达： 由固定电磁体包围旋转轴的马达。

集成开发环境（IDE）： 为程序员提供技术服务，帮助他们创建代码的软件。

集成电路（IC）： 小型化后嵌入塑料外壳的一系列电路。

IR 接收机： 在正确频率（38MHz）下检测红外光脉冲的传感器。

跳线： 用于电子项目的电线或者导体的通称。

激光切割机： 也称为激光蚀刻机，激光切割机烧穿硬纸板、中密度纤维板（MDF）和刨花板等薄材料。

电极： 组件上连接电线的电线或者端子。

发光二极管（LED）： LED 是电子世界中的灯泡。

库： 供 Arduino 素描引用的支持代码，以保持素描的相对简单。

光传感器： 检测光线的传感器。有些这类传感器以可变电阻的形式使用，光线的强度表示为电阻，其他传感器则是数字化的，向微控制器发送数字数据。

锂聚合物电池（LiPo）： 一种用于机器人的可充电电池。

磁力计： 检测磁场（尤其是地磁场）的传感器。

万向轮：在轮辋上带有小轮的车轮，使机器人既可以前进、后退，又可以侧移。
网状网络：由多个节点组成，每个节点可以看到其他所有节点的网络。
微计算机：小型化的计算机，具备全尺寸 PC 的所有功能，但规格不同。
微控制器：简单化的计算机，可以从传感器中取得输入，激活马达和灯。
马达控制芯片：为控制马达而优化的集成电路，在 Arduino 的功能上扩展。
多轴直升机：通常指四轴直升机或者具有更多 / 更少推进器的直升机，如三轴直升机或者八轴直升机。
镍镉电池：一种可充电电池。
镍氢电池：一种可充电电池。
全向轮：带有自由旋转侧轮的驱动轮，使主轮可以垂直于其动力方向横滚。也称作万向轮。
开源软件和硬件：代码和电子设计免费共享，任何人可以修改或者重建的电子项目。
外转式马达：外壳和电磁体沿着中轴旋转的马达。
被动式红外（PIR）传感器：通过温度的细微变化检测运动的红外传感器。
引脚：Arduino 的电源和数据连接器。
电位器：通常称为 Pot，是通过把手调整的可变电阻器。
电源总线：面包板上用于提供电压的一组导体。
推进器保护装置：一种可分离的推进器支架，有助于保护推进器免遭破坏。
脉宽调制（PWM）：通过快速开关，调整马达或者 LED 等通常非“开”即“关”的电子元件“亮度”的方式。
四轴直升机：包含安装在推进器上的 4 个马达（通常对角安装）的小型飞机。
无线电控制（RC）系统：由控制器和接收机组成的机器人或者模型控制系统。
实时时钟（RTC）模块：具有电池后备的计时芯片，用于维护正确时间数月之久。
遥控无人潜水器（ROV）：一种用于水下探测的系留式水下无人机。
电阻：一种电气元件，用于限制电流，保护脆弱元件，控制电路中的电压。
无线电射频识别（RFID）：包含有源传感器，可读取无源标签的一种系统。
旋转工具：有多种类型附件（包括锯、砂纸和抛光机）的小型电动工具。你可能听说过这类工具的领先企业——Dremel（达美）。
漫游车：外形与汽车类似的地面无人机。

原理图： 电路的图形表示，用符号表示各种元件。

传感器： 向微控制器发送有关周围环境数据或者电压的电子设备。

串行通信： 数据沿单一线路传送且每一位顺序发送的一种通信方法。

串行监控： Arduino 集成开发环境（IDE）中监控串行通信的窗口，是调试程序的出色工具。

伺服机构： 配置变速箱和编码器的马达，可以精确控制马达传动轴的转动距离。

伺服臂： 连接到伺服机构转子或者伺服机构移动部件上的圆盘或者连杆。

插板（shield）： Arduino 的附加电路板。它堆在 Arduino 上方，共享 Arduino 的引脚，同时增加附加功能。

素描（sketch）： Arduino 中对引脚控制程序的称谓。

压铆螺母柱： 常用于印制电路板和另一个平面之间分隔或者支撑的金属或者塑料衬垫。

步进马达： 设计为按照增量（称为步）旋转的马达。通常由 4 根或者更多连线。

温湿度传感器： 测量温度和湿度并向微控制器返回读数的数字化传感器。

接线板： 面包板上的连接器排，垂直于电源总线和接地母线。

刀具路径： 计算机控制工具所遵照的路径。

晶体管： 用电子信号控制的小型电子开关。

超声波传感器： 通过发射不可闻声波束并监听回声检测障碍、测量距离的传感器。

无人驾驶飞行器（UAV）： 空中无人机的正确名称。

XBee： 使用流行的 ZigBee 协议的无线模块，常用于家庭自动化。

BUILDING YOUR OWN DRONES

无人机DIY

阅读本书不需要任何基础

你之前听说过无人机并看见过无人机。现在，你将DIY自己的无人机——这远比你想象的要简单！

无人机是DIY/创客社区中最前沿的玩意儿，制作一台无人机也不需要你必须是一名技术专家。本书作者是新手学硬件破解图书领域的最知名作家，他将传授给你制作无人机所需的一切技巧。

首先，作者展示了他人创建的令人惊讶的无人机，然后讲解了几个完整的项目：四轴飞行器、UAV、ROV等。即使读者还没有准备好从零开始，也没有关系。本书也会帮助读者选择当前最新的无人机套件。

本书中数百幅全彩图片会向读者演示每一个步骤、每一个细节。本书还讲解了无人机制作相关的一些高级概念：

- 解释无人机是什么以及无人机为什么如此激动人心；
- 探究当今最具想象力的项目（从3D打印迷你四轴飞行器到浮动机器人军队）；
- 对200美元以上的套件进行比较：Parallax ELEV-8、DJI Phantom 2 Vision+、OpenROV、Actobotics Nomad、Brooklyn Aerodrome Flack等；
- 自行创建实用的无人机构建工作台；
- 制作完整的火箭、飞艇和水上无人机；
- 制作自主控制的无人机和用无线电遥控的无人机；
- 选择并组装底盘（机身）、马达、推进器、飞行控制器、电源系统、附件和软件；
- 通过集成Arduino来让无线电遥控无人机自主飞行；
- 让无人机通过RFID标签来导航；
- 学习所需的所有基本电子和编程知识。

John Baichtal

著作的与玩具、工具、机器人和业余电子相关的图书包括*Robot Builder*、*Hack This: 24 Incredible Hackerspace Projects from the DIY Movement*、*Basic Robot Building With Lego Mindstorms NSX 2.0*、以及*MAKE: Lego and Arduino Projects*（与他人合著）。他是Twin Cities Maker创客空间的创始成员，其写作之路起步于为*Wired*著名的GeekDad博客和为DIY一族的圣经*MAKE Magazine*撰写稿件。

异步社区 www.epubit.com.cn
新浪微博 @人邮异步社区
投稿/反馈邮箱 contact@epubit.com.cn

美术编辑：董志桢

分类建议：科普／无人机
人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn



ISBN 978-7-115-41098-6
定价：59.00元